
1. WSTĘP

Przez wiele lat hodowla kukurydzy (*Zea mays* L.) skupiała się na stworzeniu idealnych genotypów środowiskach, traktując priorytetowo rozwój wysokowydajnych odmian, niezależnie od tego, jakie mają wymagania w stosunku do poszczególnych czynników agrotechnicznych. Oprócz tego, że kukurydza jest podstawowym pożywieniem na całym świecie stosowanym przez ludzi (Uncer 2024, Erenstein i in. 2022) i zwierzęta (Kung i in. 2018) jest w dużej mierze wykorzystywana do produkcji biopaliw (Książak i in. 2012). Aby pokryć zapotrzebowanie na energię i żywność w nadchodzących dziesięcioleciach uprawa kukurydzy musi być nadal praktykowana (Rosegrant i in. 2008, Zhou i in. 2024).

Odmiana kukurydzy jest uznawana za jeden z głównych czynników warunkujących wzrost produkcji roślinnej we współczesnym rolnictwie (Niedbała i in. 2022, Ren i in. 2023). Postęp hodowlany osiągany jest drogą zamierzonych zmian genetycznych, mających na celu poprawę określonych właściwości rolniczych i użytkowych odmian. Najczęściej kojarzony jest ze wzrostem plonowania, ale obejmuje również wiele innych cech stanowiących o wartości gospodarczej odmian (WGO). W szczególności dotyczy to jakości plonu oraz odporności lub tolerancji na różne czynniki biotyczne (choroby, szkodniki) i abiotyczne (niskie i wysokie temperatury, jakość lub zakwaszenie gleby, niedobór i nadmiar opadów itp.) ograniczające plonowanie, a także inne specyficzne cechy, decydujące o właściwościach rolniczych czy użytkowych odmian (Salika i Riffat 2021). Pożądaną właściwością nowych odmian jest również możliwość szybkiej regeneracji po ustąpieniu stresu. Jest to bardzo istotne w obliczu zmieniającego się klimatu i coraz częściej występujących ekstremalnych zjawisk pogodowych (Fawaz i Soliman 2016).

Wybierając odmianę kukurydzy do uprawy na kiszonkę, należy uwzględnić rejon Polski. W rejonie północnym powinno się uprawiać odmiany wczesne (FAO do 220) i średnio wczesne (FAO 240–250). W rejonie środkowym preferowane są odmiany średnio wczesne (FAO do 250), również odmiany średnio późne (FAO do 260–270). W rejonach najcieplejszych, czyli w Polsce południowo-zachodniej i południowo-wschodniej odmiany średnio późne (FAO 260–290). Odmiany wczesne dają niższe plony niż odmiany późne (Podkówka 2015). Jednak kiszonka wyprodukowana z odmian o niższej liczbie FAO ma wyższą wartość energetyczną niż u tych o wyższej liczbie FAO. Wynika to z faktu, że w odmianach wczesnych wyższy jest udział kolby w zielonce. Na uwagę zasługują również mieszańce mające cechę „stay-green” (długo zielone). Ich łodygi i liście zachowują zieloność w okresie dojrzewania ziarna, co umożliwia dłuższą akumulację składników pokarmowych i większą koncentrację suchej masy w kolbach (Szulc i in. 2021a, Szulc i in. 2021b). Długo

zielona łodyga i liście pozwalają na ich dobre pocięcie przez sieczkarnię i dobre ubicie surowca kiszonkowego w silosie, dzięki zmniejszeniu efektu sprężynowania (Fot. 1). Łodyga i liście mieszańców „stay-green” są bardziej odporne na czynniki chorobotwórcze wywołujące zgorzel łodygi i fuzariozę (Bocianowski i in. 2019, Szulc i in. 2021c).



Fot. 1. Rośliny kukurydzy w fazie BBCH 87. Z lewej strony odmiana w typie „stay-green”, z prawej odmiana tradycyjna (Szulc i in. 2013).

W naszym kraju przy uprawie kukurydzy na paszę dla bydła zalecane są odmiany wczesne i średnio wczesne. W przypadku uprawy kukurydzy na biogaz powinno wybierać się odmiany późne. Amon i in. (2006) zalecają uprawę na biogaz mieszańców o liczbie FAO o 30–50 punktów wyższej, niż przy uprawie na paszę. Jak podaje Adamczyk (2001), na wielkość i jakość zebranego plonu wpływają następujące czynniki: agrotechnika – w 40%, warunki klimatyczne – w 30% i dobór odmiany – w 30%. Tak więc prawie jedna trzecia efektu zależy od wyboru odpowiedniej odmiany. Z kolei odmiana będąca populacją żywych organizmów roślinnych, podlega procesowi starzenia się. Szacuje się, że maksymalny potencjał plonowania odmian kukurydzy trwa około 5 lat, bardzo rzadko dochodząc do 8–10 lat.

Kukurydza Pyroxenia jest to wyjątkowo wczesna odmiana kukurydzy (FAO 130). Przeznaczona jest do uprawy uniwersalnej. Dzięki wysokiemu udziałowi kolb w masie

kiszonkowej, posiada wysoką strawność. Tworzy wysokie, odporne na wyleganie oraz dobrze radzące sobie w okresowych niedoborach wody rośliny.

Hipoteza badawcza:

Termin siewu kukurydzy modyfikuje plonowanie, skład chemiczny, wartość pokarmową oraz jakość mikrobiologiczną pasz objętościowych.

Głównym celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanych terminów siewu ultrawczesnej odmiany kukurydzy na:

- plonowanie,
- skład chemiczny i wartość pokarmową zielonki przeznaczonej do zakiszania,
- skład chemiczny i wartość pokarmową kiszonki,
- status mikrobiologiczny kiszonki,
- produkcję mleka,
- jednostkową produktywność azotu (PF_{PF_N}).

2. PRZEGLĄD LITERATURY DOTYCZĄCY ZAKISZANIA

2.1. Fazy zakiszania

Technika zakiszania pasz opiera się na wykorzystaniu fermentacji mlekowej, która polega na transformacji cukrów prostych przez bakterie fermentacji mlekowej, w warunkach beztlenowych, do kwasu mlekowego. W wyniku działania tych bakterii pH środowiska ulega obniżeniu, powodując zahamowanie wzrostu innych mikroorganizmów w tym niekorzystnych (Selwet 2009). Rodzaj zastosowanego surowca oraz warunki środowiskowe determinują skład jakościowy i ilościowy mikroorganizmów epifitycznych występujących na powierzchni materiału roślinnego przeznaczonego do zakiszania (Purwin i in. 2006). Reprezentowane są one głównie przez: bakterie fermentacji mlekowej (pałeczki *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* oraz paciorkowce *Enterococcus* sp.), beztlenowe laseczki przetrwalnikujące (*Clostridium* sp.) tlenowe laseczki przetrwalnikujące (*Bacillus* sp.), pałeczki z rodziny *Enterobacteriaceae* (*Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter* sp. *Klebsiella* sp.) oraz grzyby (drożdżoidalne i grzyby pleśniowe), (Purwin i in. 2012, Ruben i in. 2016). Aktywność tych mikroorganizmów jest zróżnicowana i zależy od fazy w czasie procesu zakiszania.

Weinberg i Ashbell (2003), Rooke i in. (2003) oraz Hermann i in. (2011) wyróżniają cztery fazy procesu zakiszania.

Faza I (tlenowa) mogąca trwać do kilku godzin. W tej fazie tlen zostaje zużyty w procesie oddychania komórek roślinnych, tlenowych mikroorganizmów i fakultatywnych tlenowców. Pewne enzymy roślinne takie jak proteazy (degradacja białek) pozostają nadal aktywne. Odczyn środowiska zbliżony jest do pH soku komórkowego roślin i kształtuje się na poziomie 6,5-6,0.

Faza II (fermentacji) jest inicjowana w warunkach beztlenowych. Czas jej trwania to kilka dni, lecz w niesprzyjających warunkach może się wydłużyć do kilku tygodni. Długość tej fazy zależy od typu zakiszanej rośliny (surowca) i techniki zakiszania. Faza ta charakteryzuje się silnym rozwojem i aktywnością fermentacyjną bakterii homofermentacji mlekowej (dominująca grupa). Powstaje duża ilość kwasu mlekowego oraz mniejsze ilości innych kwasów organicznych produkowanych przez tą grupę bakterii. Następuje obniżenie pH do poziomu 5,0-3,8.

Faza III (stabilizacja) trwa do momentu otwarcia przyzmy i dopływu powietrza do kiszonki. Zmniejszeniu ulega liczebność drobnoustrojów aktywnych w II fazie, obecne są mikroorganizmy kwasolubne, do których zaliczamy bakterie fermentacji mlekowej i grzyby drożdżoidalne oraz oznacza się obecność endospor *Clostridium* sp. i *Bacillus* sp. Aktywność

wykazują nieliczne enzymy takie jak odporne na zakwaszenie proteazy oraz bakterie *Lactobacillus buchneri*. Kwasowość obniża się do poziomu 4,2-4,0.

Faza IV (feed-out) trwa od momentu otwarcia przyzmy i poddaniu kiszonki działaniu powietrza. Kwas mlekowy zostaje metabolizowany przez grzyby drożdżoidalne, nasila się aktywność bakterii fermentacji octowej. W dalszej kolejności odnotowuje się wzrost temperatury masy kiszonkowej i pH. Aktywność przejawiają bakterie tlenowe takie jak *Bacillus* sp., grzyby pleśniowe oraz w niewielkim stopniu *Enterobacteriaceae*. Straty suchej masy mogą sięgać 1-4,5% w ciągu doby.

2.2. Mikroorganizmy w kiszonkach

Mikroorganizmy występujące w kiszonkach możemy podzielić na dwie duże grupy, do których należą te pożądane takie jak bakterie fermentacji mlekowej oraz te niepożądane jak *Clostridium* sp., rodzina *Enterobacteriaceae*, drożdże (grzyby drożdżoidalne) oraz grzyby pleśniowe (Sharif in. 2023).

Bakterie fermentacji mlekowej

Bakterie fermentacji mlekowej należą do dwóch grup: homofermentacji mlekowej i heterofermentacji. W kiszonkach powszechnie występującym rodzajem jest *Lactobacillus*. Rodzaj ten obejmuje homofermentujące gatunki: *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. coryneformis*, *L. curvatus*, *L. plantarum*, *L. salivarius*. Inne gatunki zdolne do homofermentacji mlekowej to: *Pediococcus acidilactici*, *P. damnosus*, *P. pentosaceus*, *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *Lactococcus lactis*, *Streptococcus bovis*. Homofermentacja mlekowa glukozy i fruktozy polega na wytworzeniu prawie czystego (90%) kwasu mlekowego w szlaku fruktozobisfosforanowym.

Heterofermentujące bakterie mlekowe są reprezentowane przez: *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. viridescens*, *Leuconostoc mesenteroides*. Heterofermentacja mlekowa glukozy i fruktozy zachodzi początkowo w szlaku pentozofosforanowym, ponieważ bakterie nie posiadają enzymów szlaku fruktozobisfosforanowego tj. aldolazy i izomerazy triozyfosforanowej. Produkty końcowe tej fermentacji są zróżnicowane: kwas mlekowy, etanol, kwas octowy, mannitol oraz CO₂ (Selwet 2001).

W czasie zakiszania inicjatorami procesu zakwaszania środowiska są szczepy bakterii homofermentacji mlekowej głównie *L. plantarum* i *L. curvatus*, lecz już po około 4 dniach trwania procesu około 85% stanowią szczepy bakterii heterofermentacji mlekowej np. *L. buchneri* i *L. brevis*. Bakterie te dominują już do końca trwania procesu zakiszania. Dominacja ta spowodowana może być wyższą tolerancją tych bakterii na zakwaszenie środowiska i

obecność kwasu octowego (Woolford 1985). Najczęściej oznaczanym w kiszonkach gatunkiem jest *L. plantarum*, który w pierwszych godzinach zakiszania szybko kolonizuje materiał roślinny i jako zdolny do fermentacji dużej ilości substratów powoduje szybkie podniesienie koncentracji kwasu mlekowego. W kiszonkach z traw dominującym gatunkiem jest *L. graminis*, który uznano za nowy (McDonald i in. 1991).

Enterobacteriaceae

Enterobacteriaceae prezentują małą grupę bakterii zasiedlających powierzchnie roślin. W pierwszych dniach zakiszania *Enterobacteriaceae* mogą zwiększać swoją liczebność nawet do poziomu od 10^8 - 10^{10} g⁻¹, lecz szybki rozwój bakterii fermentacji mlekowej i obniżenie pH są przyczyną obniżenia liczebności tych bakterii (Anderson i Christie 2005). Bakterie te mogą silnie namnożyć się w źle przygotowanych kiszonkach oraz w środowisku silnie natlenionym. Stanowią konkurencję dla bakterii mlekowych w zdobywaniu składników pokarmowych oraz zdolne są do produkcji endotoksyn. Metabolizm węglowodanów przez *Enterobacteriaceae*, prowadzi do powstania kwasu mlekowego, octowego, mrówkowego oraz etanolu. Bakterie te wykazują słabą aktywność proteolityczną i mogą przeprowadzać deaminację i dekarboksylację niektórych aminokwasów powodując wzrost pH, co stwarza warunki do prowadzenia procesów gnilnych. *Enterobacteriaceae* mogą redukować azotany do NO₂, NO, N₂O₃, N₂O₄ i NH₃. Nie są tolerancyjne na niskie pH w granicach 4,3, a optymalna temperatura ich rozwoju wynosi 27-35°C. Powstanie w kiszonce NO i azotynów może powodować zahamowanie wzrostu *Clostridium* sp. (Selwet i in. 2008).

Bakterie wytwarzające endospory (*Clostridium* sp. i *Bacillus* sp.)

W porównaniu z ogólną liczebnością bakterii fermentacji mlekowej i *Enterobacteriaceae* liczebność *Clostridium* (endospor) na powierzchni roślin jest niska i może wahać się w granicach 10^2 - 10^3 jtk g⁻¹ świeżej masy roślin (Pahlow i in. 2003). W źle przygotowanych kiszonkach bakterie z rodzaju *Clostridium* namnażają się i zdolne są do wytwarzania kwasu masłowego, który obniża jakość kiszonki. W ogólnej sumie kwasów, kwasu masłowego powinno być jak najmniej (Selwet 2004).

Bakterie należące do rodzaju *Clostridium* można podzielić na dwie grupy, które odgrywają znaczącą rolę podczas zakiszania. Pierwszą grupę stanowią klostridia sacharolityczne np. *Clostridium butyricum*, fermentujące głównie cukry i kwasy organiczne oraz wykazują małe powinowactwo do białek i aminokwasów. Do drugiej grupy można zaliczyć klostridia proteolityczne np. *Clostridium sporogenes*, fermentujące głównie

aminokwasy. Wyróżnia się także gatunki posiadające obie te zdolności, np. *Clostridium perfringens*. W kiszonkach, najczęściej izolowanym gatunkiem jest *Clostridium tyrobutyricum*, które zdolne są do degradacji kwasu mlekowego z wydzieleniem kwasu masłowego, H₂ i CO₂ (Selwet, 2008). Bakterie z rodzaju *Clostridium* wraz z bakteriami z rodziny *Enterobacteriaceae* zdolne są do rozkładu białka w kiszonkach, co przyczynia się do wzrostu zawartości amoniaku i obniżenia wartości pokarmowej paszy. Rozkładowi białek może towarzyszyć powstawanie amin biogennych np. putrescyny (PUT), która może być przyczyną powstawania u zwierząt ketonemii (Steidlova i in. 2002).

Bakterie z rodzaju *Bacillus* w głównej mierze odpowiedzialne są za psucie się kiszonek w warunkach tlenowych (Avila i in., 2019), szczególnie w IV fazie zakiszania (feed-out). Odpowiedzialne są za tlenowy rozkład cukrów oraz kwasów organicznych powodując także śliskość kiszonki (Muck 1994). W obrębie tej grupy występują gatunki, będące przyczyną psucia się produktów UHT (*B. sporothermodurans*). Ponieważ rezerwuarem bakterii z rodzaju *Bacillus* jest gleba, liczba tych drobnoustrojów w zielonce określa jej zanieczyszczenie glebowe. W kiszonce z kolei, liczba tlenowych laseczek przetrwalnikujących jest wyższa w partiach, do których dociera tlen i tam postępuje proces psucia tlenowego kiszonki. Niektóre gatunki z rodzaju *Bacillus* namnażają się w kiszonkach wolniej niż inne, czego przykładem jest *B. cereus*, którego głównym źródłem w mleku surowym jest ściółka (trociny), pomimo że drobnoustrój ten występuje też w kiszonkach (Magnusson i in. 2007).

Drożdże (grzyby drożdżoidalne)

Większość drożdży występujących na powierzchni roślin to niefermentujące drożdże z rodzaju *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Torulopsis* (Pahlow i in. 2003). W trakcie zakiszania gatunki niefermentujące zostają wypierane przez gatunki zdolne do fermentacji *Candida*, *Hansenula*, *Saccharomyces*. Drożdże z rodzajów *Candida*, *Hansenula* to drożdże aktywne w warunkach tlenowych i są one zdolne do rozkładu kwasów organicznych, natomiast rodzaj *Saccharomyces* to drożdże aktywne w warunkach beztlenowych, produkujące alkohol etylowy. Pogorszenie jakości paszy w wyniku działania drożdży to głównie straty składników pokarmowych podczas gdy kiszonka jest wystawiona na działanie powietrza (Ferrero i in. 2021). Grzyby te mogą powodować obniżenie koncentracji kwasu mlekowego, octowego, cytrynowego, jabłkowego, propionowego i mrówkowego. Niektóre gatunki np. *Candida lambica* zdolne są do utleniania etanolu, który wcześniej wytworzyły na drodze fermentacji, powodując straty masy organicznej (Selwet i in. 2008).

Grzyby pleśniowe

Inaczej bywają nazywane grzybami strzępkowymi lub pleśniami. Rosną powoli w warunkach tlenowych i są powszechnie obecne w środowisku (gleba, owady) i na roślinach uprawnych. Chociaż mogą rosnąć na dość szerokiej gamie związków, to w kiszonce pojawiają się w znaczącej ilości dopiero, gdy ta ulegnie znaczącemu zepsuciu przez drożdże i inne bakterie tlenowe, a wizualne stwierdzenie ich obecności jest wskaźnikiem kiszonki o złej jakości, z wysokim prawdopodobieństwem skażenia mikotoksynami (Kukier i in. 2014). W kiszonkach pleśnie reprezentowane są głównie przez: *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium* ssp., *Geotrichum candidum*, *Mucor pusillus*, *Monascus* ssp., *Penicillium* ssp., *Trichoderma* ssp. (Selwet i in. 2008). Większość z tych pleśni wymaga do wzrostu dużej koncentracji O₂, lecz *Penicillium roquefortii* zdolne jest do rozwoju przy koncentracji CO₂ na poziomie 80%. Ważna jest zatem, od samego początku procesu zakiszania eliminacja obecności tych grzybów z paszy a także ochrona kiszonki podczas jej skarmiania przed jej zagrzybieniem. Grzyby pleśniowe występujące w kiszonkach mogą przejawiać cechy patogenów lub mogą być typowymi saprofitami powodującymi straty składników pokarmowych (Puschner 2002).

3. METODYKA BADAŃ

3.1. Schemat doświadczenia

Doświadczenie polowe wykonano w Katedrze Agronomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na polach Zakładu Dydaktyczno-Doświadczalnego Gorzyń, filia w Złotnikach w latach 2016 - 2018. Prowadzono je przez 3 lata w tym samym układzie w 4 powtórzeniach polowych. Było to doświadczenie jednoczynnikowe, z 6 terminami siewu ultrawczesnej odmiany kukurydzy:

1. A1 – 12.IV,
2. A2 – 26.IV,
3. A3 – 10.V,
4. A4 – 24.V,
5. A5 – 7.VI,
6. A6 – 21.VI.

Na wszystkich obiektach doświadczalnych zastosowano jednakowy poziom nawożenia mineralnego w wysokości 130 kg N/ha (mocznik), 50 kg P₂O₅/ha (superfosfat potrójny granulowany) i 80 kg K₂O/ha (sól potasowa). Chwasty zwalczano po siewie (w każdym terminie siewu kukurydzy) preparatem Lumax 557,5 SE w ilości 4 l/ha. Siew kukurydzy wykonano siewnikiem punktowym firmy Monosem. Zakładana obsada roślin w każdym z lat badań wynosiła 7,95 szt.m⁻² (79500 ziaren/ha), przy rozstawie międzyrzędzi 70 cm i głębokości siewu 4-5 cm. Wielkość poletka brutto 24,5 m² (długość 8,75 m, szerokość 2,8 m.). Powierzchnia poletka netto do przeprowadzenia obserwacji (pobieranie prób roślinnych) wynosiła 12,25 m². Do pobrania roślin kukurydzy przeznaczono 2 środkowe rzędy z każdego poletka doświadczalnego.

3.2. Charakterystyka odmiany użytej w badaniach

Do założenia doświadczenia wykorzystano nasiona kukurydzy odmiany 'Pyroxenia' (Fot. 2). Odmiana ta charakteryzuje się ekstremalną wczesnością dojrzewania (FAO 130), szybkim początkowym rozwojem oraz wzrostem elongacyjnym. Ponadto odmiana ta charakteryzuje się bardzo dobrą odpornością na choroby, wysokim udziałem kolb w masie, wysoką zawartością skrobi w ziarnie i bardzo dobrą strawność włókna.



Fot. 2. www.e-kukurydza.pl/kukurydza-pyroxenia-fao-130-?gclid (2020)

3.3. Materiał doświadczalny

Zielonka z kukurydzy każdego roku zbierana była w dojrzałości woskowej ziarna, w każdym z 6-ciu terminów jej siewu. Rośliny kukurydzy zostały rozdrobnione na sieczkę o długości 1,0 do 1,5 cm za pomocą rozdrabniacza (Fot. 3). Po rozdrobnieniu zielonka z kukurydzy była umieszczona w silosie o objętości około 10600 cm³ (Fot. 4).

3.4. Obserwacje i pomiary

3.4. 1. Oznaczenie plon biomasy kukurydzy

W okresie zbioru kukurydzy z przeznaczeniem na kiszonkę przeprowadzono pomiary wagowe całych roślin, następnie samych kolb i ustalono plon ogólny suchej masy oraz strukturę tego plonu. Określono również procent suchej masy w częściach nadziemnych kukurydzy, celem wyliczenia plonu suchej masy słomy, kolb i całych roślin (słoma + kolba) z jednostki powierzchni.



Fot. 3. Rozdrabniacz LG Animal Nutrition Viking GE 105 (fotografia własna)



Fot. 4. Silos (średnica 15 cm, wysokość 60 cm) – 10600cm^3 - 7 kg zielonki (fotografia własna)

3.4.2. Analiza składu chemicznego zielonki i kiszonki

Próbki kukurydzy (Fot. 5) po dostarczeniu do laboratorium zostały podsuszone pod promiennikami podczerwieni o mocy 2500 W przez 72 godziny. Następnie próbki zostały zmielone za pomocą młynka laboratoryjnego typu Retsch SM100 o średnicy sita 0,25 mm.



Fot. 5. Kiszonki kukurydzy bezpośrednio po wyjęciu z silosu (fotografia własna)

W pobranych próbach oznaczono zawartość następujących składników:

- Suchej masy metodą suszarkowo – wagową z użyciem suszarki SUP4 (PN-ISO 6496:2002),
- Popiołu surowego z użyciem pieca muflowego RT-921 (PN 76/R-64-795),
- Białka ogólnego przy użyciu aparatu 2200 Kjeltac Auto Distillation Foss Tecator (PN-ISO 5983:2000),
- Tłuszczu surowego przy użyciu aparatu Soxtec system HT 1043 ExtractionUnit Tecator (PN-ISO 6492:2005),
- Włókna surowego przy użyciu aparatu Fibertec System 1010 Heat Extractor Tecator 9 (PN-EN-ISO 6865-2002),
- Frakcji włókna (włókno neutralno-detergentowe, włókno kwaśno-detergentowe, kwaśną ligninę) określono metodą Van Soesta przy użyciu aparatu Ankom 220 Fiber Analyser,
- Skrobię (PN-R-64785).

3.4.3. Analiza jakości kiszonek

- Azot amoniakalny oznaczono metodą Conweya,
- Zawartość kwasów: mlekowego, octowego i masłowego oznaczono metodą Leppera,
- Ocenę jakości kiszonek wykonano według zmodyfikowanej skali Fliega-Zimmera (Podkański i in. 2005),
- Wartość pH oznaczono przy użyciu pH-metru CP-315.

3.4.4. Analizy mikrobiologiczne

Analizy mikrobiologiczne kiszonek obejmowały oznaczenie:

- ogólnej liczebności drożdży i grzybów drożdżoidalnych,
- ogólnej liczebności bakterii fermentacji mlekowej,
- ogólnej liczebności bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*,
- ogólnej liczebności bakterii z rodzaju *Clostridium*,
- ogólnej liczebności bakterii z rodzaju *Bacillus*,
- ogólnej liczebności grzybów pleśniowych.

Podłoże do oznaczania ogólnej liczebności grzybów drożdżoidalnych oraz grzybów pleśniowych

Składnik:	Stężenie [g/l]
Ekstrakt drożdżowy	5,00
Głukoza	20,00
Chloramfenikol	15,00
Agar	15,00

Sposób przygotowania: 40,1 g podłoża zawieszono w 1000 ml wody destylowanej. Mieszając ogrzano do całkowitego rozpuszczenia, następnie sterylizowano w temperaturze 121°C przez 15 minut.

Podłoże MRS Agar do oznaczania ogólnej liczebności bakterii fermentacji mlekowej

Składnik:	Stężenie [g/l]
Pepton	10

Ekstrakt mięsny	8
Ekstrakt drożdżowy	4
Głukoza	20
Wodorofosforan potasu	2
Trójwodny octan sodu	5
Cytrynian amonu	2
Siarczan magnezu	0,2
Siarczan manganu	0,05

Sposób przygotowania: 66 g podłoża rozpuszczono w 1000 ml wody destylowanej, podgrzano do całkowitego rozpuszczenia i sterylizowano w 121°C przez 15 minut.

Podłoże VRBG do oznaczania ogólnej liczebności bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*

Składnik	Stężenie [g/l]
Ekstrakt drożdżowy	3,000
Pepton	7,000
Głukoza	10,000
Sole żółci	1,500
Czerwień obojetna	0,030
Fiolet krystaliczny	0,002
Chlorek sodu	5,000
Agar	15,000

Sposób przygotowania: 41,5 g podłoża zawieszono w 1000 ml wody destylowanej. Ustalono pH na 7,4 +/- 0,2. Mieszając ogrzano do całkowitego rozpuszczenia. Całkowity czas gotowania nie przekraczał 30 minut.

Podłoże do oznaczania ogólnej liczebności bakterii z rodzaju *Clostridium*)

Składnik	Stężenie [g/l]
Pepton z mąki sojowej	5,0
Ekstrakt drożdżowy	5,0
Disiarczan (IV) sodowy	1,0
Cytrynian amonu i żelaza (III)	1,0
Agar	15,0

Sposób przygotowania: składniki rozpuszczono w wodzie destylowanej i sterylizowano w 121°C przez 20 minut.

Podłoże do oznaczania ogólnej liczebności liczby bakterii z rodzaju *Bacillus* (*Bacillus cereus* agar baza i suplement: polimyksyna B + emulsja jajeczna)

Składnik	Stężenie [g/l]
Pepton kazeiny	10,0
Ekstrakt mięsny	1,0
D (-) mannitol	10,0
Chlorek sodowy	10,0
Czerwień fenolowa	0,025
Agar	12,0
Supelment 1	50.000 IU/fiolkę;
polimyksyna B	
Supelment 2	sterylne żółtka jaj chlorek sodu 4,25 g/fiolkę

Sposób przygotowania: podłoże rozpuszczono w wodzie destylowanej i sterylizowano w 121°C przez 20 minut. Po wystudzeniu podłoża bazowego do temperatury 50°C dodano suplement 1 i suplement 2, zamieszano i wylano na jałowe szalki Petriego.

Podłoża mikrobiologiczne i odczynniki zakupiono w firmach: BIOCORP, Oxoid i Avantor Performance Materials Poland S.A., Gliwice

3.4.5. Technika wykonania posiewów

Oznaczanie ogólnej liczebności grzybów drożdżoidalnych (PN-A-75052-08:1990)

- 10 g próbki wprowadzono do 90 ml roztworu soli fizjologicznej,
- wytrząsano przez 10 minut,
- wykonano posiew metodą zalewową z rozcieńczeń dziesiętnych w zależności od spodziewanej liczby drobnoustrojów,
- płytki zalano podłożem stałym z ekstraktem drożdżowym, glukozą i chloramfenikolem,
- po zestaleniu płytki inkubowano w temp. 30°C przez 3 dni,
- policzono liczbę kolonii, które wyrosły na płytkach, jednostka jtk/g

Oznaczanie ogólnej liczebności bakterii fermentacji mlekowej

- 10 g próbki wprowadzono do 90 ml roztworu soli fizjologicznej,
- wytrząsano przez 10 minut,
- wykonano posiew metodą zalewową z rozcieńczeń dziesiętnych w zależności od spodziewanej liczby drobnoustrojów,
- płytki zalano podłożem stałym MRS-agar,
- po zestaleniu płytki inkubowano w temp. 36°C przez 3 dni,
- policzono liczbę kolonii, które wyrosły na płytkach, jednostka jtk/g.

Oznaczanie ogólnej liczebności bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, (PN-ISO 21528-2:2005)

- 10 g próbki wprowadzono do 90 ml roztworu soli fizjologicznej,
- wytrząsano przez 10 minut,
- wykonano posiew metodą zalewową z rozcieńczeń dziesiętnych w zależności od spodziewanego zakażenia,
- płytki zalano podłożem stałym z fioletem, czerwienią, solami żółci i glukozą (VRBG),
- po zestaleniu pożywki, w celu wytworzenia 2 warstwy zabezpieczającej przed rozprzestrzenianiem się wzrostu na powierzchni oraz w celu stworzenia warunków względnie beztlenowych, wlało do płytki ok. 15 ml pożywki agarowej VRBG,
- odwrócono płytki do góry dnem i inkubowano w temp. 37°C przez 24h,
- dokonano interpretacji wyników,

-
- charakterystyczne kolonie są barwy różowej do czerwonej lub purpurowej (ze sferą lub bez sfery precypitacji).

Oznaczanie ogólnej liczebności bakterii z rodzaju *Clostridium* (PN-ISO 15213:2005)

- 10 g próbki wprowadzono do 90 ml roztworu soli fizjologicznej,
- wytrząsano przez 10 minut,
- wykonano posiew metodą zalewową z rozcieńczeń dziesiętnych w zależności od spodziewanej liczby drobnoustrojów,
- płytki zalano podłożem stałym TSC-agar,
- po zestaleniu płytki inkubowano w temp. 36°C przez 3 dni,
- policzono liczbę kolonii, które wyrosły na płytkach, jednostka jtk/g.

Analizę i inkubację płytek wraz z naniesionym materiałem prowadzono w warunkach beztlenowych.

Oznaczanie ogólnej liczebności bakterii z rodzaju *Bacillus*

- 10 g próbki wprowadzono do 90 ml roztworu soli fizjologicznej,
- wytrząsano przez 10 minut,
- wykonano posiew metodą zalewową z rozcieńczeń dziesiętnych w zależności od spodziewanej liczby drobnoustrojów,
- płytki zalano podłożem stałym,
- po zestaleniu płytki inkubowano w temp. 33°C przez 3 dni,
- policzono liczbę kolonii, które wyrosły na płytkach, jednostka jtk/g.

3.4.6. Obliczenie produkcji mleka

Produkcję mleka obliczono wykorzystując wzory podane przez Schwaba i in. (2003), bazując na programie komputerowym (Fot. 6).

 	University of Wisconsin Corn Silage Evaluation System - Milk 2000															
										Average Lab dNDF (See note below table)						
										58,0						
Authors: <i>Randy Shaver, Dept. of Dairy Science</i> <i>Joe Lauer, Dept. of Agronomy</i> <i>Eric Schwab, Dept. of Dairy Science</i> <i>Jim Coors, Dept. of Agronomy</i> <i>Patrick Hoffman, Dept. of Dairy Science</i>																
									Required Input							
									Calculated Values							
Analysis Method	Form Input	Lab Value	Lab Value	Lab Value	Lab Value	Lab Value	Lab or Book Value	Lab or Book Value	Field Measure	Calculated Schwab Shaver	Calculated	Calculated Schwab Shaver	Calculated Schwab Shaver	Calculated Schwab Shaver	Calculated Schwab Shaver	Calculated
Sample ID	Kernel Processed y = yes n = no	DM, % of as fed	CP, % of DM	NDF, % of DM	NDF Digestibility 48h IV, % of NDF	Starch, % of DM	Ash, % of DM	Ether Extract, % of DM	Yield DM tons/acre	Starch Digestibility % of Starch	NFC, % of DM	Sugars + VFA's, % of DM	TDN, % of DM	NEI Mcals/lb	Milk per Ton lbs/ton	Milk per Acre lbs/acre
NRC	n	35,0	8,8	45,0	58,0	30,0	4,3	3,2	7,0	86,3%	40,0	10,0	70,9	0,735	3512,01	24584,09
Example		30,5	7,0	41,7	58,0	30,8	4,5	2,7	6,6	93,9%	45,4	14,6	72,5	0,753	3627,94	23980,71

Fot. 6. Wygląd pierwszej strony programu służącego do obliczenia produkcji mleka (University of Wisconsin Corn Silage Evaluation System – Milk 2000)

3.4.7. Jednostkowa produktywność azotu

Jednostkową produktywność azotu (PFPF_N) z nawozu mineralnego dla plonu suchej masy plonu wegetatywnego i generatywnego obliczono na podstawie wzorów zawartych w pracy Szulc i in. (2021d).

W identyczny sposób wyliczono jednostkową produktywność azotu dla produkcji mleka.

$$\text{PFPF}_N = P/N_r, (\text{kg s.m. słomy/kg N}),$$

$$\text{PFPF}_N = P/N_r, (\text{kg s.m. kolb/kg N}),$$

$$\text{PFPF}_N = P/N_r, (\text{kg s.m. całych roślin/kg N});$$

gdzie:

P - plon suchej masy słomy, kolb, całych roślin,

N_r - dawka azotu (130 kg N/ha),

3.5. METODY STATYSTYCZNE

Wszystkie obliczenia przeprowadzono przy użyciu pakietu STATISTICA (wersja 13.3) oraz pakietu Excel. Analizy statystyczne przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

3.5.1. Układ split-plot

W pracy zastosowano analizę wariancji (ANOVA) przeprowadzoną zgodnie z modelem układu split-plot (Elandt 1964). W analizowanym doświadczeniu jako jednostki I rzędu przyjęto lata, a jako jednostki II rzędu terminy siewu kukurydzy odmiany Pyroxenia.

W układzie split-plot matematyczny model obserwacji ma następującą postać:

$$y_{ijk} = \mu + \gamma_i + \alpha_j + \eta_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk},$$

gdzie:

y_{ijk} – obserwacja uzyskana w i -tym powtórzeniu (bloku), dla j -tego poziomu czynnika ‘lata’ oraz k -tego poziomu czynnika A,

μ – średnia ogólna,

γ_i – efekt i -tego powtórzenia (bloku) ($i = 1, 2, 3, 4$),

α_j – efekt j -tego poziomu czynnika ‘lata’ ($j = 1, 2, 3$),

β_k – efekt k -tego poziomu czynnika A ($k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$),

$(\alpha\beta)_{jk}$ – efekt interakcji j -tego poziomu czynnika ‘lata’ oraz k -tego poziomu czynnika A,

η_{ij} – losowy efekt błędu jednostek I rzędu,

ε_{ijk} – losowy efekt błędu jednostek II rzędu.

O błędach zakłada się, że mają niezależne rozkłady normalne:

$$\eta_{ij} \sim N(0, \sigma_\eta), \varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_\varepsilon).$$

W przypadku wykazania istotności statystycznej efektów głównych (lat i terminów siewu) lub ich interakcji w analizie wariancji (ANOVA), przeprowadzono porównania średnich z zastosowaniem testu szczegółowego Tukeya. Celem tej analizy było wskazanie, które średnie różniły się istotnie statystycznie.

3.5.2. Regresja

W rozprawie zastosowano szereg modeli regresyjnych (Elandt 1964), w tym regresję liniową, regresję wielomianową drugiego stopnia oraz regresję liniową wielokrotną, w celu określenia zależności pomiędzy siedmioma badanymi cechami kukurydzy [świeża masa słomy (i), kolb (ii), całych roślin (iii), sucha masa słomy(iv), kolb (v) i całych roślin (vi) oraz

produkcja mleka (vii)] a trzema wybranymi czynnikami meteorologicznymi: średnią sumą opadów atmosferycznych w badanym okresie, średnią temperaturą powietrza oraz średnim STE.

W ramach analizy statystycznej przeprowadzono również ocenę zależności liniowej pomiędzy zawartością skrobi w kiszonce a liczbą pleśni w próbce kiszonki .

Skuteczność dopasowania modeli regresyjnych do danych empirycznych oceniano na podstawie współczynnika determinacji (R^2), który wskazuje, jaki procent zmienności zmiennej zależnej został wyjaśniony zmiennością zmiennych niezależnych poprzez przyjęte równanie regresji.

Do oceny kierunku zależności liniowych pomiędzy wybranymi cechami zielonki oraz kiszonki zastosowano współczynnik korelacji Pearsona (r) (Elandt 1964).

4. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ

4.1. Warunki klimatyczne

Charakterystyka warunków klimatycznych, jakie panowały w okresie prowadzenia badań polowych, oparta została na danych pochodzących ze stacji meteorologicznej należącej do Zakładu Doświadczalno-Dydaktycznego w Gorzynie, filia w Złotnikach. Warunki termiczne podczas wegetacji kukurydzy (niezależnie od terminu siewu) w latach prowadzenia badań były zbliżone do siebie i wynosiły średnio 15,8°C w roku 2016; 14,2°C w roku 2017 oraz 16,6°C w roku 2018. Zdecydowanie większe różnice pomiędzy latami badań wystąpiły w sumie opadów atmosferycznych. Największą ich sumę odnotowano w roku 2017 (553,0 mm), natomiast najmniejszą sumę opadów atmosferycznych odnotowano w ostatnim roku badań 230,3 mm (Tab. 1). Wyliczone współczynniki hydrotermiczne zabezpieczenia w wodę wg. Sielanianowa uwzględniające w sposób kompleksowy zarówno temperatury powietrza jak i opady atmosferyczne pozwoliły stwierdzić, że warunki pogodowe dla wzrostu i rozwoju kukurydzy w dwóch latach badań były korzystne (2016 r., 2017 r.), natomiast w roku 2018 niekorzystne ze względu na okresowe niedobory wilgoci w glebie.

Tabela 1. Średnia miesięczna temperatura powietrza i miesięczna suma opadów atmosferycznych dla sezonu wegetacyjnego

Lata	Temperatura [°C]							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Średnia
2016	9,6	16,3	19,9	20,3	19	17,3	8,4	15,8
2017	7,3	13,7	17,4	18,0	18,9	13,3	10,6	14,2
2018	12,9	16,9	18,5	20,2	21,3	15,8	10,9	16,6
Lata	Opady [mm]							
2016	47,3	47,3	123,8	132,8	50,3	4,6	105	511,1
2017	40,6	56,8	68,2	168,0	82,0	45,6	91,8	553,0
2018	36,2	17,4	25,6	70,5	11,6	44,2	24,8	230,3
Lata	Wartość współczynnika hydrotermicznego zabezpieczenia w wodę [K]							
2016	1,64	0,93	2,07	2,11	0,85	0,08	4,03	1,67
2017	1,85	1,33	1,30	3,01	1,39	1,14	2,79	1,82
2018	0,93	0,33	0,46	1,12	0,17	0,93	0,73	0,67

Wpływ czynnika termicznego i wilgotnościowego w sposób kompleksowy najlepiej opisuje współczynnik hydrotermiczny zabezpieczenia w wodę [K] wg. Sielanianowa (Molga 1986):

$$K = \frac{10 \text{ miesięczna suma opadów [mm]}}{\text{liczba dni średnia dobową temperatura powietrza w miesiącu [°C]}}$$

Wartość tego współczynnika dla poszczególnych miesięcy w sezonach wegetacyjnych kukurydzy zamieszczono w tabeli 1.

Interpretacja współczynnika hydrotermicznego wg. Sielanianowa:

$K > 1,5$ - wilgotność dla większości roślin nadmierna,

$1 < K < 1,5$ -wilgotność dla większości roślin dostateczna,
 $0,5 < K < 1,0$ - wilgotność dla większości roślin niedostateczna,
 $K < 0,5$ – susza.

W pierwszym roku badań (2016) największą sumę opadów atmosferycznych odnotowano dla piątego terminu siewu (A5), przy jednoczesnej najniższej temperaturze powietrza. Suma temperatur efektywnych (STE) dla tego terminu siewu wynosiła $1412,6^{\circ}\text{C}$, natomiast długość okresu wegetacji kukurydzy 125 dni. Z kolei najmniejszą sumę opadów atmosferycznych odnotowano dla czwartego terminu siewu (A4), przy jednoczesnej najwyższej temperaturze powietrza. Suma temperatur efektywnych (STE) dla tego terminu siewu wynosiła $1479,7^{\circ}\text{C}$, natomiast długość okresu wegetacji kukurydzy 118 dni.

W drugim roku badań (2017) największą sumę opadów atmosferycznych odnotowano dla ostatniego terminu siewu (A6), przy najniższej temperaturze powietrza. Suma temperatur efektywnych (STE) dla tego terminu siewu wynosiła $1285,6^{\circ}\text{C}$, natomiast długość okresu wegetacji 135 dni. Z kolei najmniejszą sumę opadów atmosferycznych stwierdzono w pierwszym terminie siewu (A1), przy średniej dobowej temperaturze na poziomie $14,73^{\circ}\text{C}$. Suma temperatur efektywnych (STE) dla tego terminu siewu wynosiła $100,3^{\circ}\text{C}$, natomiast długość okresu wegetacji kukurydzy 114 dni.

Z kolei w ostatnim roku badań (2018) największą sumę opadów atmosferycznych odnotowano w piątym terminie siewu (A5), przy temperaturze powietrza wynoszącej $18,93^{\circ}\text{C}$. Suma temperatur efektywnych dla tego terminu siewu wynosiła $1501,7^{\circ}\text{C}$, natomiast długość okresu wegetacji 116 dni. Z kolei najmniejsza sumę opadów atmosferycznych stwierdzono dla czwartego terminu siewu kukurydzy (A4), przy średniej dobowej temperaturze powietrza na poziomie $19,87^{\circ}\text{C}$, Suma temperatur efektywnych (STE) dla tego terminu siewu wynosiła 1523°C , natomiast długość okresu wegetacji 110 dni.

Sumy Temperatur Efektywnych ($^{\circ}\text{C}$) zostały obliczone na podstawie przebiegu dobowej temperatury od daty siewu do osiągnięcia fazy czarnej plamki u nasady ziarniaka. Obliczenia wykonano w oparciu o wzór (Weber i in. 2015):

$$\text{STE} = \sum ((T_{\text{max}} + T_{\text{min}})/2 - T_0)$$

STE – Sumy Temperatur Efektywnych ($^{\circ}\text{C}$),

T_{max} – temperatura maksymalna ($^{\circ}\text{C}$),

T_{min} – temperatura minimalna ($^{\circ}\text{C}$),

T_0 – temperatura progowa (6°C).

Tabela 2. Dane meteorologiczne dotyczące poszczególnych terminów siewu w latach badań

Lata	Termin siewu	Opady [mm]	Temperatura [°C]	Współczynnik zabezpieczenia w wodę [K]	STE [°C]	Okres wegetacji [dni]
2016	A1	309,2	15,89	1,69	1156,6	115
	A2	298,6	16,87	1,52	1276,1	116
	A3	299,4	17,80	1,43	1402,0	117
	A4	285,4	18,34	1,31	1479,7	118
	A5	337,2	14,14	1,90	1412,6	125
	A6	314,6	15,55	1,52	1289,4	133
2017	A1	345,8	14,73	2,05	1003,9	114
	A2	366,6	16,44	1,93	1208,1	115
	A3	378,0	17,48	1,83	1369,0	118
	A4	389,6	17,26	1,88	1370,6	120
	A5	382,2	16,43	1,84	1338,3	126
	A6	412,2	15,18	2,01	1285,6	135
2018	A1	131,7	17,48	0,71	1216,5	106
	A2	123,5	18,89	0,61	1369,9	107
	A3	123,7	19,69	0,57	1490,35	109
	A4	110,5	19,87	0,50	1523,9	110
	A5	146,1	18,93	0,66	1501,7	116
	A6	140,3	17,65	0,65	1445,0	122

4.2. Warunki glebowe

Zakład Dydaktyczno-Doświadczalny w Gorzynie znajduje się w obrębie Wysoczyzny Poznańskiej o wyniesieniu 105-110 m n.p.m., leżącej w obrębie zlodowacenia bałtyckiego - stadiału poznańskiego. Pole doświadczalne na którym przeprowadzono doświadczenie zlokalizowane zostało na równinie denno-morenowej o składzie granulometrycznym glin lekkich.

Doświadczenie przeprowadzono na glebie zakwalifikowanej wg. PTG (Mocek i in. 1997) do:

Działu – gleby autogeniczne,

Rzędu – gleby brunatno-ziemne,

Typu – gleby płowe,

Podtypu – gleby płowe typowe,

Rodzaju – glina zwałowa,

Gatunku - piasek gliniasty mocny płytko zalegający na glinie lekkiej.

Według międzynarodowej klasyfikacji FAO glebę tą zaliczono do *Albic Luvisols*, natomiast według klasyfikacji amerykańskiej należy ona do rzędu *Alfisols*. Pod względem uziarnienia według międzynarodowej klasyfikacji określono ją jako *loamy sand underlined by loam*. Zaliczono ją do 4-tego kompleksu przydatności rolniczej (żytni bardzo dobry) oraz klasy bonitacyjnej III b. Zasobność gleby w podstawowe makroskładniki i mikroskładniki przedstawiono w tabelach 3-4.

Tabela 3. Zawartość składników pokarmowych i odczyn gleby przed założeniem doświadczenia w sezonach wegetacyjnych kukurydzy

Wyszczególnienie	Lata		
	2016	2017	2018
P [mg P kg ⁻¹ s.m. gleby]	10,4	7,3	4,9
K [mg K kg ⁻¹ s.m. gleby]	9,7	10,8	11,6
Mg [mg Mg kg ⁻¹ s.m. gleby]	4,4	5,3	5,3
pH [w 1 mol dm ⁻³ KCl]	4,6	5,6	5,1

Tabela 4. Zawartość mikroskładników w glebie przed założeniem doświadczenia w sezonach wegetacyjnych kukurydzy

Wyszczególnienie	Lata		
	2016	2017	2018
Cu [mg Cu kg ⁻¹ s.m. gleby]	2,3	2,6	1,7
Zn [mg Zn kg ⁻¹ s.m. gleby]	18,3	9,7	9,7
Mn [mg Mn kg ⁻¹ s.m. gleby]	260,0	90,0	170,0
Fe [mg Fe kg ⁻¹ s.m. gleby]	950,0	510,0	703,0

4.3. Warunki agrotechniczne

Przedplonem pod kukurydżę w każdym roku prowadzenia badań była pszenica ozima. Podstawowe zabiegi uprawowe zostały wykonane zgodnie z przyjętym schematem w terminach zamieszczonych w tabeli 6. Aplikacja N i przygotowanie gleby pod zasiew kukurydzy w każdym jej terminie zostały wykonane na 2 dni przed planowaną datą siewu.

Tabela 5. Terminy wykonania zabiegów agrotechnicznych w latach 2016-2018

Rodzaj zabiegu	Lata		
	2016	2017	2018
1. Orka głęboka (30 cm)*	9.XI*	26.X*	20.XI*
2. Włókowanie	1.IV	31.III	1.IV
3. Wysiew nawozów P i K	5.IV	20.IV	20.IV

* - zabieg wykonany jesienią roku poprzedniego,

5. WYNIKI BADAŃ

5.1. Plon świeżej masy kukurydzy

Największe średnie plony świeżej masy kolb i świeżej masy całych roślin kukurydzy uzyskano w latach 2016 i 2017, w stosunku do roku 2018. Nie stwierdzono istotnego wpływu badanych lat na średni plon świeżej masy słomy. Niezależnie od lat badań najmniejsze średnie plony dla rozważanych cech uzyskano dla terminów czerwcowych (A5 i A6), natomiast największe średnie wartości rozpatrywanych cech wykazano dla terminów siewu kukurydzy A1-A4. W badaniach własnych wykazano również współdziałanie pomiędzy latami badań a terminami siewu kukurydzy. W ostatnim roku badan tzn. 2018 średnie plony świeżej masy słomy, kolb i całych roślin nie różniły się istotnie między sobą pomimo zastosowania sześciu terminów siewu kukurydzy (A1-A6). W roku 2016 najmniejszy średni plon świeżej masy słomy kukurydzy uzyskano dla terminu siewu A6, który nie różnił się istotnie od średniego plonu dla terminów A5, A4 i A1. Z kolei najmniejszy średni plon świeżej masy kolb w roku 2016 uzyskano dla terminu siewu kukurydzy A6, który nie różnił się istotnie od wartości tej cechy uzyskanej w terminie A5. Z kolei największe średnie plony świeżej masy całych roślin kukurydzy wykazano dla następujących terminów siewu: A1-A4. W roku 2017 istotnie największy średni plon świeżej masy słomy i kolb wykazano dla obiektów A1-A4. W przypadku plonu świeżej masy całych roślin istotnie najwyższą wartość badanej cechy stwierdzono dla obiektu A1, A2, A3 i A5 (Tab. 6-7).

Tabela 6. Średnie wartości plonu świeżej masy kukurydzy dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	Plon świeżej słomy [t/ha]	Plon świeżej masy kolb [t/ha]	Plon świeżej masy całej rośliny [t/ha]
Lata	2016	27,47 ^a	14,25 ^a	41,73 ^a
	2017	28,53 ^a	13,30 ^a	41,83 ^a
	2018	25,75 ^a	9,75 ^b	35,49 ^b
Czynnik A	A1	33,64 ^a	13,86 ^a	47,50 ^a
	A2	33,47 ^a	15,51 ^a	48,97 ^a
	A3	32,36 ^a	15,78 ^a	48,14 ^a
	A4	27,53 ^{ab}	13,10 ^{ab}	40,63 ^{ab}
	A5	19,45 ^{bc}	8,26 ^{bc}	27,71 ^{bc}
	A6	17,05 ^c	8,09 ^c	25,14 ^c

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie

Tabela 7. Średnie wartości plonu świeżej masy kukurydzy dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	Plon świeżej masy słomy [t/ha]	Plon świeżej masy kolb [t/ha]	Plon świeżej masy całej rośliny [t/ha]
2016	A1	32,63 ^{abcd}	17,07 ^{abc}	49,69 ^{abc}
	A2	37,80 ^{ab}	18,47 ^a	56,27 ^a
	A3	38,05 ^{ab}	18,00 ^{ab}	56,05 ^a
	A4	31,25 ^{abcd}	16,16 ^{abcd}	47,41 ^{abcde}
	A5	12,65 ^{cd}	8,33 ^{de}	20,98 ^{cde}
	A6	12,45 ^d	7,49 ^e	19,94 ^{de}
2017	A1	40,80 ^a	15,18 ^{abcde}	55,98 ^a
	A2	35,20 ^{ab}	14,73 ^{abcde}	49,93 ^{abc}
	A3	34,63 ^{abc}	16,70 ^{abcd}	51,33 ^{ab}
	A4	32,50 ^{abcd}	16,51 ^{abcd}	49,01 ^{abcd}
	A5	16,35 ^{bcd}	9,71 ^{bcde}	26,06 ^{bcde}
	A6	11,70 ^d	6,95 ^e	18,65 ^e
2018	A1	27,50 ^{abcd}	9,32 ^{cde}	36,82 ^{abcde}
	A2	27,40 ^{abcd}	13,32 ^{abcde}	40,72 ^{abcde}
	A3	24,40 ^{abcd}	12,64 ^{abcde}	37,04 ^{abcde}
	A4	18,82 ^{abcd}	6,63 ^e	25,46 ^{bcde}
	A5	29,35 ^{abcd}	6,74 ^e	36,09 ^{abcde}
	A6	27,00 ^{abcd}	9,84 ^{bcde}	36,84 ^{abcde}

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.2. Zapotrzebowania STE na uzyskanie 1 tony świeżej masy przez kukurydzę

W badaniach własnych nie wykazano istotnego wpływu STE na uzyskanie 1 tony świeżej masy słomy i kolb kukurydzy (tab. 8). Wpływ lat w istotny sposób różnicował zapotrzebowanie STE na uzyskanie świeżej masy całych roślin (tab. 8). Istotnie największe zapotrzebowanie STE stwierdzono dla roku 2018, natomiast najmniejsze dla 2017 roku.

Rozpatrując z kolei zapotrzebowanie STE na uzyskanie świeżej masy słomy, kolb i całych roślin dla poszczególnych terminów siewu wykazano, że wraz z opóźnianiem terminu siewu zapotrzebowanie STN na wyprodukowanie jednostki świeżej masy słomy, kolb i całych roślin ulegało zwiększeniu (tab. 8).

W badaniach własnych wykazano również współdziałanie lat badań z terminem siewu kukurydzy za zapotrzebowanie STE na uzyskanie 1 tony świeżej masy słomy i całych roślin (tab. 9). W pierwszych dwóch latach badań, opóźnianie terminu siewu kukurydzy skutkowało wzrostem zapotrzebowania STE na wyprodukowanie jednostki plonu świeżej masy słomy i całych roślin. Z kolei w ostatnim roku badań (2018) wpływ STE na wartości badanych cech uległ pewnemu wyrównaniu.

Tabela 8. Średnie wartości zapotrzebowania STE na uzyskanie 1 tony świeżej masy kukurydzy dla lat (L) i czynnika A

Czynniki	Poziomy czynników	Świeża masa słomy [°C] STE	Świeża masa kolb [°C] STE	Świeża masa całych roślin [°C] STE
Lata	2016	61,52 a	108,96 a	39,14 b
	2017	55,50 a	106,69 a	36,20 c
	2018	58,67 a	169,10 a	42,50 a
Czynnik A	A1	34,77 c	89,02 b	24,78 c
	A2	39,42 bc	85,35 b	26,90 bc
	A3	46,20 bc	92,91 b	30,83 bc
	A4	57,48 b	135,56 ab	39,86 b
	A5	82,82 a	196,42 a	54,81 a
	A6	90,68 a	170,26 ab	58,49 a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 9. Średnie wartości zapotrzebowania STE na uzyskanie 1 tony świeżej masy kukurydzy dla interakcji L × czynnik A

Lata	Czynnik A	Świeża masa słomy [°C] STE	Świeża masa całych roślin [°C] STE
2016	A1	35,45 c	23,30 cd
	A2	33,87 c	22,87 cd
	A3	36,94 c	25,04 cd
	A4	47,38 bc	31,21 cd
	A5	111,81 a	67,52 a
	A6	103,65 a	64,90 a
2017	A1	24,61 c	17,96 d
	A2	34,38 c	24,20 cd
	A3	39,57 c	26,71 cd
	A4	42,18 bc	27,99 cd
	A5	81,86 ab	51,37 abc
	A6	110,40 a	68,95 a
2018	A1	44,25 bc	33,09 bcd
	A2	50,00 bc	33,65 bcd
	A3	62,08 bc	40,74 abcd
	A4	82,88 ab	60,39 ab
	A5	54,79 bc	45,55 abcd
	A6	57,99 bc	41,61 abcd

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.3. Plon suchej masy kukurydzy

W badaniach własnych nie wykazano istotnego wpływu lat badań na średni plon suchej masy słomy, średni plon suchej masy całych roślin oraz procentowy udział kolb w plonie suchej masy całych roślin. W przypadku średniej wartości plonu suchej masy kolb wykazano, że największą wartość omawianej cechy stwierdzono dla roku 2016 (9,0 t/ha), natomiast istotnie najniższą dla roku 2018 (6,51 t/ha). Z kolei istotnie najwyższą zawartość suchej masy w słomie i w kolbie odnotowano w roku 2018, natomiast najniższą w sezonie wegetacyjnym 2017. Niezależnie od lat badań istotnie średnio najniższy plon suchej masy słomy i plon suchej masy kolb odnotowano dla terminu A6, w porównaniu do terminów A1-A4. W przypadku plonu suchej masy całych roślin istotnie najwyższą wartość badanej cechy odnotowano dla terminów A1-A4, w porównaniu do terminów A5-A6. Niezależnie od lat badań istotnie najwyższą

zawartość suchej masy w słomie odnotowano dla terminu A4, natomiast najniższą dla terminu A3. W przypadku zawartości suchej masy w plonie suchej masy całych roślin istotnie średnio najwyższą wartość omawianej cechy stwierdzono dla terminów A2-A4, natomiast najniższą dla terminu A6. Z kolei istotnie najmniejszy procentowy udział kolb w plonie suchej masy całych roślin kukurydzy stwierdzono dla terminu A3, natomiast najmniejszy dla terminu A6.

W badaniach własnych wykazano również współdziałanie pomiędzy latami badań a terminami siewu kukurydzy. W roku 2016 istotnie średnio największy plon suchej masy słomy, plon suchej masy kolb, plon suchej masy całych roślin oraz zawartość suchej masy w kolbie odnotowano dla terminu A4, w porównaniu do terminu A6.

W roku 2017 najmniejszy średni plon suchej masy słomy uzyskano dla terminu A6, w porównaniu do terminów A1 i A4. Z kolei istotnie najwyższy średni plon suchej masy kolb odnotowano dla terminu A4, w stosunku do terminu A6. Najwyższy średni plon suchej masy całych roślin uzyskano dla terminu A4, w stosunku do terminu A6. W przypadku zawartości suchej masy w kolbie stwierdzono, że najmniejszą średnio wartość badanej cechy odnotowano dla terminu A6, natomiast najwyższą dla terminu A4.

W roku 2018 najmniejszą średnio zawartość suchej masy w kolbie stwierdzono dla terminu A1, w porównaniu do terminów A2 i A3. Z kolei średnio najwyższy procentowy udział kolby, w plonie suchej masy całych roślin odnotowano dla terminów A2 i A3, w stosunku do terminu A5 (Tab.10-11).

Tabela 10. Średnie wartości plonu suchej masy kukurydzy dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	Plon słomy [t/ha]	Plon kolb [t/ha]	Plon całych roślin [t/ha]	Zawartość s.m. w słomie [%]	Zawartość s.m. w kolbie [%]	Udział kolb w plonie s.m. [%]
Lata	2016	7,54 ^a	9,00 ^a	16,54 ^a	28,76 ^{ab}	60,32 ^{ab}	52,85 ^a
	2017	7,58 ^a	8,13 ^{ab}	15,71 ^a	27,28 ^b	58,38 ^b	50,69 ^a
	2018	8,23 ^a	6,51 ^b	14,74 ^a	32,82 ^a	65,09 ^a	42,64 ^a
Czynnik A	A1	8,94 ^a	8,23 ^{ab}	17,17 ^a	26,57 ^b	58,52 ^b	47,02 ^{ab}
	A2	9,08 ^a	10,41 ^a	19,49 ^a	27,70 ^{ab}	67,26 ^{ab}	52,98 ^{ab}
	A3	8,32 ^{ab}	10,38 ^a	18,70 ^a	26,84 ^b	66,79 ^{ab}	55,54 ^a
	A4	9,18 ^a	9,76 ^a	18,94 ^a	34,25 ^a	72,27 ^a	49,07 ^{ab}
	A5	6,20 ^{bc}	4,66 ^{bc}	10,86 ^b	31,71 ^{ab}	57,09 ^b	44,94 ^{ab}
	A6	5,01 ^c	3,82 ^c	8,83 ^b	30,62 ^{ab}	45,66 ^c	42,79 ^b

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 11. Średnie wartości plonu suchej masy kukurydzy dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	Plon słomy [t/ha]	Plon kolb [t/ha]	Plon całych roślin [t/ha]	Zawartość s.m. w słomie [%]	Zawartość s.m. w kolbie [%]	Udział kolb w plonie s.m. [%]
2016	A1	8,72 ^{abcd}	10,61 ^{abcd}	19,33 ^{abc}	26,74 ^a	62,03 ^{ab}	54,75 ^a
	A2	9,28 ^{abc}	11,98 ^{ab}	21,26 ^{ab}	24,45 ^a	63,95 ^{ab}	55,76 ^a
	A3	8,64 ^{abcde}	11,23 ^{abc}	19,87 ^{abc}	22,71 ^a	62,40 ^{ab}	56,55 ^a
	A4	10,38 ^a	12,44 ^a	22,82 ^a	33,23 ^a	76,96 ^a	54,50 ^a
	A5	3,98 ^{de}	4,84 ^{abcd}	8,82 ^{cd}	31,33 ^a	58,01 ^{abcd}	55,13 ^a
	A6	4,24 ^{cde}	2,89 ^{cd}	7,13 ^d	34,08 ^a	38,56 ^d	40,38 ^{ab}
2017	A1	10,83 ^a	8,97 ^{abcd}	19,81 ^{abc}	26,55 ^a	59,02 ^{abcd}	45,13 ^{ab}
	A2	8,51 ^{abcde}	8,86 ^{abcd}	17,37 ^{abcd}	24,13 ^a	59,85 ^{abcd}	50,84 ^{ab}
	A3	7,77 ^{abcde}	10,22 ^{abcd}	17,99 ^{abcd}	22,38 ^a	61,15 ^{abc}	56,95 ^a
	A4	10,09 ^a	12,60 ^a	22,70 ^a	31,08 ^a	75,93 ^{ab}	55,22 ^a
	A5	4,73 ^{bcde}	5,32 ^{abcd}	10,04 ^{bcd}	28,92 ^a	54,76 ^{bcd}	52,91 ^a
	A6	3,58 ^c	2,80 ^d	6,38 ^d	30,59 ^a	39,58 ^{cd}	43,06 ^{ab}
2018	A1	7,25 ^{abcde}	5,12 ^{abcd}	12,37 ^{abcd}	26,42 ^a	54,51 ^{bcd}	41,19 ^{ab}
	A2	9,46 ^{ab}	10,39 ^{abcd}	19,84 ^{abc}	34,52 ^a	77,98 ^a	52,35 ^a
	A3	8,54 ^{abcde}	9,70 ^{abcd}	18,24 ^{abcd}	35,45 ^a	76,81 ^a	53,12 ^a
	A4	7,05 ^{abcde}	4,25 ^{abcd}	11,31 ^{abcd}	38,43 ^a	63,91 ^{ab}	37,48 ^{ab}
	A5	9,88 ^a	3,83 ^{bcd}	13,71 ^{abcd}	34,89 ^a	58,50 ^{abcd}	26,77 ^b
	A6	7,21 ^{abcde}	5,78 ^{abcd}	12,98 ^{abcd}	27,20 ^a	58,83 ^{abcd}	44,92 ^{ab}

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie

5.4. Zapotrzebowania STE na uzyskanie 1 tony suchej masy przez kukurydzę

W badaniach własnych nie wykazano istotnego wpływu STE na uzyskanie 1 tony suchej masy słomy, kolb i całych roślin kukurydzy (tab. 12).

Rozpatrując z kolei zapotrzebowanie STE na uzyskanie suchej masy słomy, kolb i całych roślin dla poszczególnych terminów siewu wykazano, że wraz z opóźnianiem terminu siewu zapotrzebowanie STN na wyprodukowanie jednostki suchej masy słomy, kolb i całych roślin ulegało zwiększeniu (tab. 12).

W badaniach własnych wykazano również współdziałanie lat badań z terminem siewu kukurydzy za zapotrzebowanie STE na uzyskanie 1 tony świeżej masy słomy i całych roślin (tab. 13). W pierwszych dwóch latach badań, opóźnianie terminu siewu kukurydzy skutkowało

wzrostem zapotrzebowania STE na wyprodukowanie jednostki plonu suchej masy słomy i całych roślin. Z kolei w ostatnim roku badań (2018) wpływ STE na wartości badanych cech uległ pewnemu wyrównaniu.

Tabela 12. Średnie wartości zapotrzebowania STE na uzyskanie 1 tony suchej masy kukurydzy dla lat (L) i czynnika

Czynniki	Poziomy czynniki	Sucha masa słomy [°C] STE	Sucha masa kolb [°C] STE	Sucha masa całych roślin [°C] STE
Lata	2016	208,03 a	202,40 a	100,39 a
	2017	199,07 a	209,02 a	99,20 a
	2018	178,14 a	269,35 a	102,23 a
Czynnik A	A1	131,35 b	156,27 c	69,83 b
	A2	142,53 b	128,09 c	67,02 b
	A3	172,15 b	137,90 c	76,41 b
	A4	164,88 b	197,85 bc	87,01 b
	A5	267,96 a	338,31 ab	136,85 a
	A6	291,63 a	403,11 a	166,51 a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie

Tabela 13. Średnie wartości zapotrzebowania STE na uzyskanie 1 tony suchej masy kukurydzy dla interakcji L × czynnik A

Lata	Czynnik A	Sucha masa słomy [°C] STE	Sucha masa całych roślin [°C] STE
2016	A1	132,78 d	60,16 f
	A2	139,67 d	62,32 f
	A3	162,72 cd	70,60 def
	A4	142,56 d	64,85 ef
	A5	366,40 a	163,08 abc
	A6	304,07 ab	181,33 ab
2017	A1	92,68 d	50,90 f
	A2	142,86 d	69,64 def
	A3	179,11 bcd	76,73 def
	A4	136,04 d	61,08 f
	A5	283,08 abc	133,30 bcde
	A6	360,65 a	203,56 a
2018	A1	168,58 cd	98,42 cdef
	A2	145,06 d	69,11 def
	A3	174,62 cd	81,91 def
	A4	216,03 bcd	135,10 abcd
	A5	154,39 d	114,18 bcdef
	A6	210,16 bcd	114,63 bcdef

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.5. Skład chemiczny zielonki kukurydzy

Największą średnią zawartość suchej masy w zielonce kukurydzy odnotowano dla roku 2018 (40,13%), natomiast istotnie najmniejszą w roku 2017 (33,58%). Z kolei największą średnią zawartość tłuszczu surowego uzyskano w roku 2016, natomiast najmniejszą w roku 2017. Z kolei największą zawartość BNW stwierdzono w roku 2018, natomiast najmniejsza w roku 2017. W przypadku zawartości skrobi, średnio największą jej zawartość odnotowano w roku 2016, natomiast istotnie najmniejszą w roku 2018.

Niezależnie od lata badań istotnie największą zawartość suchej masy w zielonce kukurydzy odnotowano dla terminu A1, natomiast najmniejszą dla terminów A5 i A6.

W badaniach własnych istotnie największą zawartość popiołu surowego odnotowano dla terminu A3 w roku 2016, natomiast najmniejszą w roku 2018 dla terminu A3. W przypadku tłuszczu surowego istotnie

największą jego zawartość stwierdzono w roku 2016 dla terminu siewu A5, natomiast najmniejszą w roku 2017 dla terminu A3 (Tab. 14-15).

Tabela 14. Średnie wartości składu chemicznego zielonki dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	Sucha masa [%]	Popiół surowy [% s.m.]	Białko ogólne [% s.m.]	Tłuszcz surowy [% s.m.]	Włókno surowe [% s.m.]	BNW [% s.m.]	Skrobia [% s.m.]
Lata	2016	37,93 ^{ab}	4,54 ^a	8,03 ^a	3,06 ^a	17,88 ^a	66,49 ^{ab}	33,60 ^a
	2017	33,58 ^b	4,14 ^a	7,85 ^a	2,64 ^b	20,38 ^a	64,99 ^b	30,34 ^{ab}
	2018	40,13 ^a	3,84 ^a	7,84 ^a	2,82 ^{ab}	17,74 ^a	68,02 ^a	27,52 ^b
Czynnik A	A1	39,25 ^a	4,31 ^a	7,98 ^a	3,07 ^a	17,60 ^a	67,04 ^a	32,89 ^a
	A2	38,44 ^{ab}	4,09 ^a	7,55 ^a	2,71 ^a	18,65 ^a	67,01 ^a	28,21 ^a
	A3	37,84 ^{ab}	4,27 ^a	8,26 ^a	2,82 ^a	18,80 ^a	65,85 ^a	32,58 ^a
	A4	37,83 ^{ab}	4,11 ^a	7,85 ^a	2,91 ^a	18,98 ^a	66,16 ^a	30,49 ^a
	A5	34,83 ^b	4,12 ^a	7,69 ^a	2,81 ^a	18,87 ^a	67,04 ^a	29,86 ^a
	A6	35,11 ^b	4,14 ^a	8,11 ^a	2,73 ^a	19,11 ^a	65,91 ^a	28,92 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 15. Średnie wartości składu chemicznego zielonki dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	Sucha masa [% s.m.]	Popiół surowy [% s.m.]	Białko ogólne [% s.m.]	Tłuszcz surowy [% s.m.]	Włókno surowe [% s.m.]	BNW [% s.m.]	Skrobia [% s.m.]
2016	A1	37,46 ^{abc}	5,01 ^{ab}	7,77 ^a	3,16 ^{ab}	17,94 ^a	66,14 ^a	34,78 ^a
	A2	37,43 ^{abc}	4,67 ^{ab}	7,61 ^a	2,78 ^{ab}	19,05 ^a	65,91 ^a	26,71 ^a
	A3	38,00 ^{abc}	5,18 ^a	8,71 ^a	3,04 ^{ab}	17,19 ^a	65,89 ^a	38,49 ^a
	A4	37,23 ^{abc}	4,62 ^{ab}	8,21 ^a	3,15 ^{ab}	17,53 ^a	66,51 ^a	34,42 ^a
	A5	38,63 ^{abc}	3,88 ^{ab}	7,48 ^a	3,33 ^a	17,41 ^a	67,91 ^a	33,94 ^a
	A6	38,86 ^{abc}	3,91 ^{ab}	8,41 ^a	2,91 ^{ab}	18,20 ^a	66,58 ^a	33,28 ^a
2017	A1	36,87 ^{abc}	4,17 ^{ab}	8,10 ^a	3,26 ^{ab}	18,49 ^a	65,99 ^a	33,94 ^a
	A2	36,21 ^{abc}	3,84 ^{ab}	7,43 ^a	2,88 ^{ab}	18,90 ^a	66,96 ^a	32,26 ^a
	A3	34,38 ^{bcd}	4,10 ^{ab}	8,04 ^a	2,34 ^b	22,06 ^a	63,47 ^a	29,62 ^a
	A4	36,73 ^{abc}	3,94 ^{ab}	7,85 ^a	2,63 ^{ab}	20,84 ^a	64,75 ^a	28,65 ^a
	A5	26,58 ^d	4,50 ^{ab}	7,87 ^a	2,35 ^{ab}	21,16 ^a	64,13 ^a	28,81 ^a
	A6	30,69 ^{cd}	4,29 ^{ab}	7,81 ^a	2,39 ^{ab}	20,85 ^a	64,66 ^a	28,80 ^a
2018	A1	43,43 ^a	3,76 ^{ab}	8,07 ^a	2,81 ^{ab}	16,39 ^a	68,98 ^a	29,96 ^a
	A2	41,67 ^{ab}	3,78 ^{ab}	7,61 ^a	2,46 ^{ab}	17,99 ^a	68,18 ^a	25,65 ^a
	A3	41,14 ^{ab}	3,52 ^b	8,05 ^a	3,09 ^{ab}	17,16 ^a	68,19 ^a	29,63 ^a
	A4	39,52 ^{ab}	3,76 ^{ab}	7,50 ^a	2,95 ^{ab}	18,57 ^a	67,22 ^a	28,42 ^a
	A5	39,29 ^{abc}	3,99 ^{ab}	7,72 ^a	2,74 ^{ab}	18,06 ^a	69,08 ^a	26,83 ^a
	A6	35,77 ^{abc}	4,21 ^{ab}	8,12 ^a	2,88 ^{ab}	18,29 ^a	66,50 ^a	24,67 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.6. Zawartość frakcji włókna w zielonce

W badaniach własnych nie wykazano istotnego wpływu lat badań oraz wpływu terminów siewu kukurydzy na zawartość frakcji włókna w zielonce z kukurydzy. W przeprowadzonych badaniach polowych wykazano współdziałanie lat badań z terminami siewu kukurydzy na zawartość frakcji włókna NDF. W roku 2016 największą średnią zawartość tej frakcji włókna w zielonce odnotowano dla terminu A2, natomiast najmniejszą dla terminów A1, A5 i A6. Z kolei w roku 2017 największą średnią zawartość frakcji włókna NDF w zielonce odnotowano dla terminu A3, natomiast istotnie najmniejszą dla terminów A1 i A2. Z kolei w ostatnim roku badań tzn. 2018 istotnie średnio największą zawartość tej frakcji włókna odnotowano dla terminu A5, natomiast najmniejszą w pierwszym terminie siewu A1 (Tab. 16-17).

Tabela 16. Średnie wartości frakcji włókna w zielonce dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	NDF [% s.m.]	ADF [% s.m.]	ADL [% s.m.]
Lata	2016	34,23 ^a	19,04 ^a	2,41 ^a
	2017	37,34 ^a	21,13 ^a	2,21 ^a
	2018	38,57 ^a	21,36 ^a	2,27 ^a
Czynnik A	A1	33,53 ^a	19,51 ^a	2,09 ^a
	A2	37,46 ^a	20,39 ^a	2,42 ^a
	A3	37,90 ^a	20,40 ^a	2,56 ^a
	A4	37,46 ^a	20,61 ^a	2,18 ^a
	A5	37,46 ^a	21,25 ^a	2,04 ^a
	A6	36,47 ^a	20,90 ^a	2,49 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone literą a nie różnią się istotnie.

Tabela 17. Średnie wartości frakcji włókna w zielonce dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	NDF [% s.m.]	ADF [% s.m.]	ADL [% s.m.]
2016	A1	31,78 ^e	18,61 ^a	2,44 ^a
	A2	40,99 ^{ab}	21,42 ^a	2,85 ^a
	A3	35,96 ^{abcde}	19,15 ^a	2,92 ^a
	A4	34,52 ^{cde}	18,71 ^a	2,54 ^a
	A5	31,30 ^e	18,27 ^a	1,60 ^a
	A6	30,87 ^e	18,11 ^a	2,14 ^a
2017	A1	33,52 ^{de}	19,35 ^a	1,87 ^a
	A2	33,26 ^{de}	19,64 ^a	2,06 ^a
	A3	41,03 ^{ab}	22,39 ^a	2,53 ^a
	A4	38,25 ^{abcd}	21,30 ^a	1,99 ^a
	A5	39,73 ^{abc}	22,32 ^a	2,23 ^a
	A6	38,25 ^{abcd}	21,79 ^a	2,60 ^a
2018	A1	35,30 ^{bcde}	20,58 ^a	1,96 ^a
	A2	38,15 ^{abcd}	20,13 ^a	2,37 ^a
	A3	36,72 ^{abcde}	19,67 ^a	2,24 ^a
	A4	39,62 ^{abc}	21,82 ^a	2,02 ^a
	A5	41,35 ^a	23,16 ^a	2,29 ^a
	A6	40,28 ^{abc}	22,82 ^a	2,73 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.7. Wartość pokarmowa zielonki według systemu INRA

W przypadku jednostki paszowej produkcji mleka (JPM) istotnie najmniejszą wartość badanej cechy odnotowano w roku 2017 (0,93), w porównaniu do lat 2016 (0,96) i 2018 (0,97). Największą średnią jednostkę paszową produkcji żywca (JPŻ) uzyskano w roku 2018 (0,93), natomiast najmniejszą w roku 2017 (0,88). W przypadku BTJE istotnie największą wartość badanej cechy odnotowano w latach 2016 i 2017, w porównaniu do roku 2018. Niezależnie od lat badań istotnie największą wartość JPŻ uzyskano dla terminu siewu kukurydzy A1, natomiast najmniejszą dla terminu siewu A6. Z kolei istotnie największą wartość BTJE uzyskano dla terminu A3, natomiast najmniejszą dla terminu A5.

W badaniach własnych wykazano również interakcję pomiędzy latami badań, a terminem siewu kukurydzy. W roku 2016 istotnie największą wartość ocenianego parametru wykazano dla terminu A3, natomiast istotnie najmniejszą dla terminu A5. W latach 2017 i 2018 warunki meteorologiczne w istotny sposób nie kształtowały wartości BTJE (Tab. 18-19).

Tabela 18. Średnie wartości mierników wartości pokarmowej zielonki dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	JPM	JPŻ	BTJE	BTJN
Lata	2016	0,96 ^a	0,91 ^{ab}	75,00 ^a	49,25 ^a
	2017	0,93 ^b	0,88 ^b	74,00 ^a	48,08 ^a
	2018	0,97 ^a	0,93 ^a	68,92 ^b	48,25 ^a
Czynnik A	A1	0,96 ^a	0,92 ^a	72,67 ^{ab}	48,83 ^a
	A2	0,95 ^a	0,91 ^{ab}	72,50 ^{ab}	46,50 ^a
	A3	0,96 ^a	0,91 ^{ab}	73,50 ^a	50,67 ^a
	A4	0,96 ^a	0,91 ^{ab}	72,83 ^{ab}	48,17 ^a
	A5	0,95 ^a	0,90 ^{ab}	71,67 ^b	47,17 ^a
	A6	0,95 ^a	0,89 ^b	72,67 ^{ab}	49,83 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabel 19. Średnie wartości mierników wartości pokarmowej zielonki dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	JPM	JPŻ	BTJE	BTJN
2016	A1	0,97 ^a	0,93 ^a	75 ^{ab}	48 ^a
	A2	0,96 ^a	0,91 ^a	75 ^{ab}	47 ^a
	A3	0,97 ^a	0,92 ^a	77 ^a	54 ^a
	A4	0,97 ^a	0,92 ^a	75 ^{ab}	51 ^a
	A5	0,95 ^a	0,90 ^a	73 ^b	46 ^a
	A6	0,95 ^a	0,90 ^a	75 ^{ab}	52 ^a
2017	A1	0,94 ^a	0,89 ^a	74 ^b	50 ^a
	A2	0,94 ^a	0,89 ^a	74 ^b	46 ^a
	A3	0,92 ^a	0,87 ^a	75 ^b	49 ^a
	A4	0,94 ^a	0,89 ^a	75 ^{ab}	48 ^a
	A5	0,93 ^a	0,87 ^a	74 ^b	48 ^a
	A6	0,93 ^a	0,88 ^a	74 ^b	48 ^a
2018	A1	0,99 ^a	0,94 ^a	70 ^c	50 ^a
	A2	0,97 ^a	0,93 ^a	69 ^c	47 ^a
	A3	0,98 ^a	0,94 ^a	69 ^c	50 ^a
	A4	0,97 ^a	0,93 ^a	69 ^c	46 ^a
	A5	0,97 ^a	0,92 ^a	69 ^c	48 ^a
	A6	0,96 ^a	0,91 ^a	69 ^c	50 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone literą a nie różnią się istotnie.

5.8. Wartość pokarmowa zielonki według systemu DLG

Największą wartość nBO (białko dostępne w jelicie cienkim) uzyskano w latach 2016 i 2018, w porównaniu do roku 2017. Z kolei w przypadku bilansu azotu w żwaczu (BNŻ) istotnie najlepszą wartość odnotowano dla w roku 2017, natomiast istotnie najgorszą w roku 2018. ZW przypadku energii netto laktacji (NEL) średnio istotnie największą wartość stwierdzono w roku 2018, natomiast najmniejszą w roku 2017.

Niezależnie od lat badań największą średnia wartość dla rozważanej cechy uzyskano dla terminu siewu A3, a średnio najmniejsza dla terminu A5. Z kolei dla energii netto laktacji (NEL) największą średnio wartość stwierdzono dla terminów A1 i A4, a istotnie najmniejszą dla terminu siewu A5 (Tab. 20-21).

Tabela 20. Średnie wartości mierników wartości pokarmowej zielonki dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	nBO	BNŻ	NEL
Lata	2016	131 ^a	-8,08 ^{ab}	6,52 ^b
	2017	128 ^b	-7,92 ^a	6,33 ^c
	2018	133 ^a	-8,71 ^b	6,69 ^a
Czynnik A	A1	131 ^{ab}	-8,32 ^a	6,56 ^a
	A2	130 ^{ab}	-8,63 ^a	6,51 ^{abc}
	A3	132 ^a	-7,87 ^a	6,55 ^{ab}
	A4	131 ^{ab}	-8,38 ^a	6,57 ^a
	A5	129 ^b	-8,27 ^a	6,45 ^c
	A6	131 ^{ab}	-7,95 ^a	6,47 ^{bc}

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 21. Średnie wartości mierników wartości pokarmowej zielonki dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	nBO	BNŻ	NEL
2016	A1	131 ^a	-8,50 ^a	6,62 ^a
	A2	130 ^a	-8,50 ^a	6,51 ^a
	A3	134 ^a	-7,50 ^a	6,62 ^a
	A4	132 ^a	-8,00 ^a	6,56 ^a
	A5	128 ^a	-8,50 ^a	6,40 ^a
	A6	131 ^a	-7,50 ^a	6,43 ^a
2017	A1	129 ^a	-8,00 ^a	6,38 ^a
	A2	127 ^a	-8,50 ^a	6,36 ^a
	A3	128 ^a	-7,50 ^a	6,29 ^a
	A4	129 ^a	-8,00 ^a	6,44 ^a
	A5	127 ^a	-7,50 ^a	6,27 ^a
	A6	127 ^a	-8,00 ^a	6,28 ^a
2018	A1	133 ^a	-8,45 ^a	6,70 ^a
	A2	132 ^a	-8,90 ^a	6,67 ^a
	A3	134 ^a	-8,60 ^a	6,74 ^a
	A4	132 ^a	-9,15 ^a	6,70 ^a
	A5	132 ^a	-8,80 ^a	6,67 ^a
	A6	133 ^a	-8,35 ^a	6,69 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.9. Skład chemiczny kiszonki

Największą średnią zawartość suchej masy w kiszonce oraz BNW uzyskano w roku 2018, natomiast najmniejsze w latach 2016 i 2017. W przypadku zawartości popiołu surowego największą jego zawartość odnotowano w roku 2017, natomiast istotnie najmniejszą w roku 2018. Rozpatrując zawartość włókna surowego wykazano, że największą jego zawartość w kiszonce odnotowano w latach 2016 i 2017, a największą w ostatnim roku badań tzn. 2018.

Niezależnie od lat badań istotnie największą zawartość suchej masy w kiszonce odnotowano dla terminu siewu A3, która nie różniła się istotnie od terminów A1, A2, A4. Z kolei najmniejsza zawartość suchej masy w kiszonce odnotowano w ostatnim terminie siewu tzn. A6. W przypadku zawartości tłuszczu surowego istotnie największą jego zawartość odnotowano w terminie A1, natomiast najmniejszą dla terminów siewu od A3-A6. Z kolei dla zawartości skrobi, średnio największą jej zawartość odnotowano dla terminu siewu A1 i A3, natomiast istotnie najmniejszą dla terminu A6. Średnia zawartość suchej masy w kiszonce była w istotny sposób kształtowana przez zmienne warunki pogodowe w latach badań oraz przez termin siewu. W roku 2016 istotnie największą zawartość suchej masy w kiszonce odnotowano dla terminu A2, A3, A4, A5, natomiast istotnie najmniejsza dla terminu A6. Z kolei w roku 2017 istotnie największą zawartość suchej masy odnotowano dla terminu A2, natomiast istotnie najmniejszą dla terminu A6. Dla roku 2018 średnio największą zawartość suchej masy w kiszonce odnotowano dla terminów A1-A3, natomiast istotnie najmniejszą dla ostatniego terminu siewu tzn. A6 (Tab. 22-23).

Tabela 22. Średnie wartości dla składu chemicznego kiszonki dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	Sucha masa [% s.m.]	Popiół surowy [% s.m.]	Białko ogólne [% s.m.]	Tłuszcz surowy [% s.m.]	Włókno surowe [% s.m.]	BNW [% s.m.]	Skrobia [% s.m.]
Lata	2016	33,09 ^b	4,69 ^{ab}	8,90 ^a	3,49 ^a	20,28 ^a	62,65 ^b	36,96 ^a
	2017	32,76 ^b	4,81 ^a	8,83 ^a	3,47 ^a	19,63 ^a	63,24 ^b	38,06 ^a
	2018	39,73 ^a	3,83 ^b	8,87 ^a	3,55 ^a	17,01 ^b	66,69 ^a	37,53 ^a
Czynnik A	A1	35,81 ^{ab}	4,67 ^a	8,80 ^a	3,83 ^a	18,27 ^a	64,42 ^a	39,73 ^a
	A2	37,69 ^{ab}	4,49 ^a	8,77 ^a	3,57 ^{ab}	18,24 ^a	64,93 ^a	38,06 ^{ab}
	A3	38,48 ^a	4,45 ^a	8,85 ^a	3,42 ^b	18,43 ^a	64,86 ^a	38,88 ^a
	A4	35,16 ^{ab}	4,25 ^a	8,75 ^a	3,36 ^b	19,38 ^a	64,18 ^a	37,04 ^{ab}
	A5	34,81 ^b	4,26 ^a	8,93 ^a	3,43 ^b	19,41 ^a	63,97 ^a	37,29 ^{ab}
	A6	29,22 ^c	4,54 ^a	9,11 ^a	3,39 ^b	20,10 ^a	62,81 ^a	34,09 ^b

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 23. Średnie wartości dla składu chemicznego kiszonki dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	Sucha masa [% s.m.]	Popiół surowy [% s.m.]	Białko ogólne [% s.m.]	Tłuszcz surowy [% s.m.]	Włókno surowe [% s.m.]	BNW [% s.m.]	Skrobia [% s.m.]
2016	A1	32,14 ^{fg}	5,06 ^a	8,60 ^a	3,71 ^a	20,12 ^a	62,53 ^a	37,70 ^a
	A2	35,26 ^{def}	4,66 ^a	8,99 ^a	3,91 ^a	18,33 ^a	64,12 ^a	38,34 ^a
	A3	38,18 ^{abcde}	4,53 ^a	8,78 ^a	3,40 ^a	20,20 ^a	63,11 ^a	39,24 ^a
	A4	34,08 ^{def}	4,41 ^a	8,81 ^a	3,35 ^a	20,13 ^a	63,32 ^a	37,33 ^a
	A5	33,93 ^{def}	4,46 ^a	9,23 ^a	3,17 ^a	20,56 ^a	62,59 ^a	37,19 ^a
	A6	24,97 ^h	5,06 ^a	9,00 ^a	3,40 ^a	22,32 ^a	60,23 ^a	31,95 ^a
2017	A1	32,88 ^{defg}	5,31 ^a	9,05 ^a	3,78 ^a	19,14 ^a	62,74 ^a	41,93 ^a
	A2	36,26 ^{cdef}	4,86 ^a	8,70 ^a	3,53 ^a	18,99 ^a	63,93 ^a	38,37 ^a
	A3	33,89 ^{def}	4,91 ^a	8,93 ^a	3,46 ^a	18,74 ^a	63,97 ^a	38,59 ^a
	A4	32,68 ^{efg}	4,58 ^a	8,56 ^a	3,26 ^a	20,70 ^a	62,91 ^a	36,18 ^a
	A5	33,23 ^{defg}	4,51 ^a	8,71 ^a	3,54 ^a	20,44 ^a	62,81 ^a	37,69 ^a
	A6	27,63 ^{gh}	4,68 ^a	9,05 ^a	3,24 ^a	19,78 ^a	63,11 ^a	35,57 ^a
2018	A1	42,40 ^{ab}	3,66 ^a	8,77 ^a	4,02 ^a	15,55 ^a	68,01 ^a	39,55 ^a
	A2	41,54 ^{abc}	3,96 ^a	8,63 ^a	3,28 ^a	17,41 ^a	66,74 ^a	37,46 ^a
	A3	43,39 ^a	3,91 ^a	8,83 ^a	3,42 ^a	16,35 ^a	67,50 ^a	38,80 ^a
	A4	38,72 ^{abcd}	3,78 ^a	8,88 ^a	3,47 ^a	17,32 ^a	66,31 ^a	37,60 ^a
	A5	37,28 ^{bcdef}	3,83 ^a	8,86 ^a	3,58 ^a	17,22 ^a	66,52 ^a	37,00 ^a
	A6	35,06 ^{def}	3,87 ^a	9,29 ^a	3,53 ^a	18,21 ^a	65,10 ^a	34,75 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.10. Zawartość frakcji włókna w kiszonce

Największą średnią zawartość frakcji włókna ADF w kiszonce uzyskano w latach 2016 i 2017. Z kolei w roku 2018 uzyskano najmniejszą średnią zawartość tej frakcji włókna w kiszonce.

Niezależnie od lat badań średnio istotnie najmniejszą zawartość frakcji włókna ADF odnotowano w terminach siewu kukurydzy A1 i A2, a największą w ostatnim terminie siewu tzn. A6 (Tab. 24-25).

Tabela 24. Średnie wartości zawartości frakcji włókna w kiszonce dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	NDF [% s.m.]	ADF [% s.m.]	ADL [% s.m.]
Lata	2016	36,75 ^a	22,09 ^a	2,44 ^a
	2017	36,85 ^a	21,71 ^a	2,45 ^a
	2018	34,85 ^a	17,37 ^b	2,31 ^a
Czynnik A	A1	34,56 ^a	19,23 ^b	2,30 ^a
	A2	34,72 ^a	19,15 ^b	2,32 ^a
	A3	36,15 ^a	20,35 ^{ab}	2,39 ^a
	A4	36,43 ^a	20,62 ^{ab}	2,40 ^a
	A5	36,42 ^a	20,97 ^{ab}	2,43 ^a
	A6	38,63 ^a	22,04 ^a	2,56 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 25. Średnie wartości zawartości frakcji włókna w kiszonce dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	NDF [% s.m.]	ADF [% s.m.]	ADL [% s.m.]
2016	A1	37,10 ^a	21,44 ^a	2,47 ^a
	A2	33,93 ^a	19,89 ^a	2,26 ^a
	A3	36,61 ^a	22,04 ^a	2,42 ^a
	A4	36,42 ^a	22,15 ^a	2,40 ^a
	A5	36,10 ^a	22,02 ^a	2,41 ^a
	A6	40,38 ^a	25,04 ^a	2,67 ^a
2017	A1	34,28 ^a	20,37 ^a	2,28 ^a
	A2	35,98 ^a	20,34 ^a	2,40 ^a
	A3	38,27 ^a	22,65 ^a	2,53 ^a
	A4	37,80 ^a	22,48 ^a	2,49 ^a
	A5	37,52 ^a	22,80 ^a	2,50 ^a
	A6	37,26 ^a	21,62 ^a	2,47 ^a
2018	A1	32,31 ^a	15,90 ^a	2,15 ^a
	A2	34,25 ^a	17,22 ^a	2,29 ^a
	A3	33,58 ^a	16,35 ^a	2,22 ^a
	A4	35,06 ^a	17,22 ^a	2,31 ^a
	A5	35,63 ^a	18,09 ^a	2,38 ^a
	A6	38,27 ^a	19,47 ^a	2,54 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone literą a nie różnią się istotnie.

5.11. Mierniki wartości pokarmowej kiszonki według systemu INRA

Największą średnią wartość jednostki paszowej produkcji mleka (JPM), oraz jednostki paszowej produkcji żywca (JPŻ) uzyskano w latach 2016 i 2017. Z kolei w roku 2018 uzyskano średnio najmniejsze wartości badanych cech (Tab. 26-27).

Tabela 26. Średnie wartości mierników wartości pokarmowej kiszonki dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	JPM	JPŻ	BTJE	BTJN
Lata	2016	0,945 ^b	0,893 ^b	68,42 ^a	54,67 ^a
	2017	0,944 ^b	0,893 ^b	68,50 ^a	54,25 ^a
	2018	0,962 ^a	0,913 ^a	69,71 ^a	54,50 ^a
Czynnik A	A1	0,954 ^a	0,903 ^a	68,25 ^a	53,92 ^a
	A2	0,953 ^a	0,903 ^a	68,17 ^a	54,00 ^a
	A3	0,950 ^a	0,901 ^a	69,33 ^a	54,42 ^a
	A4	0,948 ^a	0,898 ^a	69,42 ^a	53,67 ^a
	A5	0,950 ^a	0,898 ^a	69,42 ^a	54,83 ^a
	A6	0,947 ^a	0,893 ^a	68,67 ^a	56,00 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 27. Średnie wartości mierników wartości pokarmowej kiszonki dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	JPM	JPŻ	BTJE	BTJN
2016	A1	0,950 ^a	0,895 ^a	52,50 ^a	6,58 ^a
	A2	0,950 ^a	0,900 ^a	55,50 ^a	6,53 ^a
	A3	0,945 ^a	0,895 ^a	54,00 ^a	6,69 ^a
	A4	0,945 ^a	0,895 ^a	54,00 ^a	6,59 ^a
	A5	0,940 ^a	0,890 ^a	56,50 ^a	6,68 ^a
	A6	0,940 ^a	0,880 ^a	55,50 ^a	6,33 ^a
2017	A1	0,940 ^a	0,890 ^a	55,50 ^a	6,57 ^a
	A2	0,950 ^a	0,895 ^a	53,50 ^a	6,58 ^a
	A3	0,945 ^a	0,895 ^a	55,00 ^a	6,58 ^a
	A4	0,940 ^a	0,890 ^a	52,50 ^a	6,67 ^a
	A5	0,950 ^a	0,895 ^a	53,50 ^a	6,54 ^a
	A6	0,940 ^a	0,890 ^a	55,50 ^a	6,67 ^a
2018	A1	0,973 ^a	0,925 ^a	53,75 ^a	6,83 ^a
	A2	0,960 ^a	0,913 ^a	53,00 ^a	6,68 ^a
	A3	0,960 ^a	0,913 ^a	54,25 ^a	6,76 ^a
	A4	0,960 ^a	0,910 ^a	54,50 ^a	6,77 ^a
	A5	0,960 ^a	0,910 ^a	54,50 ^a	6,77 ^a
	A6	0,960 ^a	0,910 ^a	57,00 ^a	6,67 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone literą a nie różnią się istotnie.

5.12. Mierniki wartości pokarmowej kiszonki według systemu DLG

Największą średnio wartość bilansu azotu w żwaczu (BNŻ) uzyskano w latach 2016 i 2017. Z kolei w roku 2018 uzyskano średnio istotnie najmniejszą wartość ocenianej cechy. Niezależnie od lat badań najmniejszą średnio wartość ocenianej cechy (BNŻ) uzyskano w terminie A6, a największą w terminie siewu A4 (Tab. 28-29).

Tabela 28. Średnie wartości mierników wartości pokarmowej kiszonki dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	nBO	BNŻ	NEL
Lata	2016	134 ^a	-7,21 ^a	6,56 ^a
	2017	134 ^a	-7,35 ^a	6,60 ^a
	2018	136 ^a	-7,65 ^b	6,75 ^a
Czynnik A	A1	135 ^a	-7,53 ^{ab}	6,66 ^a
	A2	134 ^a	-7,42 ^{ab}	6,59 ^a
	A3	135 ^a	-7,50 ^{ab}	6,67 ^a
	A4	135 ^a	-7,64 ^b	6,67 ^a
	A5	135 ^a	-7,41 ^{ab}	6,66 ^a
	A6	134 ^a	-6,93 ^a	6,55 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone literą a nie różnią się istotnie.

Tabela 29. Średnie wartości mierników wartości pokarmowej kiszonki dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	nBO	BNŻ	NEL
2016	A1	133 ^a	-7,60 ^a	6,58 ^a
	A2	134 ^a	-7,00 ^a	6,53 ^a
	A3	135 ^a	-7,65 ^a	6,69 ^a
	A4	134 ^a	-7,35 ^a	6,59 ^a
	A5	136 ^a	-7,10 ^a	6,68 ^a
	A6	131 ^a	-6,55 ^a	6,33 ^a
2017	A1	134 ^a	-7,00 ^a	6,57 ^a
	A2	134 ^a	-7,45 ^a	6,58 ^a
	A3	134 ^a	-7,15 ^a	6,58 ^a
	A4	134 ^a	-7,85 ^a	6,67 ^a
	A5	133 ^a	-7,40 ^a	6,54 ^a
	A6	136 ^a	-7,25 ^a	6,67 ^a
2018	A1	137 ^a	-7,98 ^a	6,83 ^a
	A2	135 ^a	-7,80 ^a	6,68 ^a
	A3	136 ^a	-7,70 ^a	6,76 ^a
	A4	137 ^a	-7,73 ^a	6,77 ^a
	A5	137 ^a	-7,73 ^a	6,77 ^a
	A6	136 ^a	-6,98 ^a	6,67 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone literą a nie różnią się istotnie.

5.13. Ocena jakości kiszonek

W badaniach własnych nie wykazano istotnego wpływu lat oraz terminów siewu kukurydzy na ocenę jakości kiszonki. Należy stwierdzić, że dla lat i terminów siewu oraz interakcji lat z terminami siewu jakość kiszonki była bardzo dobra. Największą średnią redukcją N-NH₃ do N_{ogólnego} uzyskano w roku 2018, w stosunku do lat 2016 i 2017. Rozpatrując termin siewu kukurydzy stwierdzono, że największą średnią wartość badanej cechy uzyskano dla terminu A2, natomiast najmniejsza dla ostatniego terminu siewu tzn. A6 (Tab. 30-31).

Tabela 30. Średnie wartości parametrów oceny jakości kiszonki dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynniki	Jakość według skali Fliega-Zimmera	Klasyfikacja jakości kiszonki	NH ₃ (g)	N-NH ₃ do N _{ogólnego} (g)
Lata	2016	91 ^a	b. dobra	0,033 ^a	2,47 ^b
	2017	90 ^a	b. dobra	0,032 ^a	2,47 ^b
	2018	93 ^a	b. dobra	0,034 ^a	5,77 ^a
Czynnik A	A1	92 ^a	b. dobra	0,033 ^a	3,38 ^{ab}
	A2	93 ^a	b. dobra	0,037 ^a	4,08 ^a
	A3	91 ^a	b. dobra	0,034 ^a	3,54 ^{ab}
	A4	92 ^a	b. dobra	0,031 ^a	3,44 ^{ab}
	A5	96 ^a	b. dobra	0,033 ^a	3,68 ^{ab}
	A6	95 ^a	b. dobra	0,030 ^a	3,27 ^b

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 31. Średnie wartości parametrów oceny jakości kiszonki dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	Jakość według skali Fliega-Zimmera	Klasyfikacja jakości kiszonki	NH ₃ (g)	N-NH ₃ do N _{ogólnego} (g)
2016	A1	92 ^a	b. dobra	0,031 ^a	2,35 ^a
	A2	92 ^a	b. dobra	0,038 ^a	2,80 ^a
	A3	94 ^a	b. dobra	0,037 ^a	2,85 ^a
	A4	94 ^a	b. dobra	0,030 ^a	2,30 ^a
	A5	99 ^a	b. dobra	0,032 ^a	2,35 ^a
	A6	94 ^a	b. dobra	0,029 ^a	2,15 ^a
2017	A1	90 ^a	b. dobra	0,033 ^a	2,45 ^a
	A2	93 ^a	b. dobra	0,038 ^a	2,90 ^a
	A3	87 ^a	b. dobra	0,030 ^a	2,30 ^a
	A4	87 ^a	b. dobra	0,031 ^a	2,45 ^a
	A5	94 ^a	b. dobra	0,033 ^a	2,55 ^a
	A6	89 ^a	b. dobra	0,029 ^a	2,15 ^a
2018	A1	92 ^a	b. dobra	0,035 ^a	5,35 ^a
	A2	95 ^a	b. dobra	0,035 ^a	6,55 ^a
	A3	90 ^a	b. dobra	0,035 ^a	5,48 ^a
	A4	93 ^a	b. dobra	0,033 ^a	5,58 ^a
	A5	95 ^a	b. dobra	0,033 ^a	6,15 ^a
	A6	92 ^a	b. dobra	0,032 ^a	5,50 ^a

Wartości w kolumnach oznaczone literą a nie różnią się istotnie.

5.14. pH kiszonki oraz zawartości kwasów

Niezależnie od lat badań najniższe pH kiszonki odnotowano dla następujących terminów siewu A1, A3, A4 i A5, natomiast najwyższą wartość ocenianego parametru kiszonki dla terminu T6. Średnia wartość pH kiszonki w istotny sposób była kształtowana przez zmienne warunki pogodowe w badanych latach oraz przez termin siewu kukurydzy. W roku 2016 średnio istotnie największą wartość pH kiszonki odnotowano dla terminu A6, natomiast najniższa dla terminu A2. Z kolei w roku 2017 średnio istotnie największą wartość pH kiszonki stwierdzono dla terminu A6, natomiast średnio istotnie najniższa dla terminów A1, A4 i A5. W ostatnim roku badań zróżnicowane terminy siewu kukurydzy nie modyfikowały wartości badanej cechy kiszonki (Tab. 32-33).

Tabela 32. Średnie wartości pH oraz zawartości kwasów w kiszonce dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	pH	Kwas mlekowy [%]	Kwas octowy [%]	Kwas masłowy [%]
Lata	2016	3,96 ^a	7,10 ^a	2,12 ^a	0
	2017	3,93 ^a	6,68 ^a	2,52 ^a	0
	2018	3,98 ^a	6,69 ^a	2,07 ^a	0
Czynnik A	A1	3,89 ^b	7,64 ^a	2,68 ^a	0
	A2	3,97 ^{ab}	6,37 ^a	1,98 ^a	0
	A3	3,93 ^b	5,98 ^a	2,31 ^a	0
	A4	3,88 ^b	7,03 ^a	2,24 ^a	0
	A5	3,90 ^b	7,48 ^a	1,79 ^a	0
	A6	4,21 ^a	6,43 ^a	2,41 ^a	0

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 33. Średnie wartości pH oraz zawartości kwasów w kiszonce dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	pH	Kwas mlekowy [%]	Kwas octowy [%]	Kwas masłowy [%]
2016	A1	3,88 ^{bc}	7,68 ^a	2,72 ^a	0
	A2	3,83 ^c	6,47 ^a	2,29 ^a	0
	A3	3,97 ^{abc}	4,71 ^a	1,50 ^a	0
	A4	3,85 ^{bc}	7,75 ^a	2,23 ^a	0
	A5	3,89 ^{bc}	9,45 ^a	1,40 ^a	0
	A6	4,38 ^a	6,54 ^a	2,58 ^a	0
2017	A1	3,83 ^c	8,53 ^a	3,13 ^a	0
	A2	4,02 ^{abc}	5,73 ^a	1,95 ^a	0
	A3	3,92 ^{abc}	6,32 ^a	3,01 ^a	0
	A4	3,78 ^c	6,89 ^a	2,53 ^a	0
	A5	3,74 ^c	6,82 ^a	2,27 ^a	0
	A6	4,32 ^{ab}	5,82 ^a	2,23 ^a	0
2018	A1	3,95 ^{abc}	6,70 ^a	2,19 ^a	0
	A2	4,05 ^{abc}	6,93 ^a	1,70 ^a	0
	A3	3,91 ^{abc}	6,92 ^a	2,43 ^a	0
	A4	4,01 ^{abc}	6,44 ^a	1,96 ^a	0
	A5	4,06 ^{abc}	6,19 ^a	1,72 ^a	0
	A6	3,93 ^{abc}	6,94 ^a	2,43 ^a	0

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.15. Produkcja mleka

Niezależnie od lat badań istotnie największą średnią produkcję mleka uzyskano dla terminu A1-A4, natomiast istotnie najmniejsza dla siewów czerwcowych tzn. A5 i A6. W przypadku jednostkowej produkcji mleka na 1 kg zastosowanego azotu wykazano, że istotnie największą wartość określonej cechy stwierdzono również dla terminów A1-A4, natomiast najmniejszą dla terminów A5 i A6. W badaniach własnych produkcja mleka była w istotny sposób kształtowana przez zmienne warunki pogodowe w badanych latach oraz przez termin siewu. W roku 2016 istotnie największą produkcję mleka z jednostki powierzchni oraz w przeliczeniu na 1 kg zastosowanego azotu w nawozie mineralnym uzyskano w terminie A2 i A3, natomiast istotnie najmniejszą w terminie A6. Z kolei w roku 2017 istotnie średnio największą produkcję mleka uzyskano w terminie A1 i A4, w porównaniu do terminu A6. W roku 2018 zróżnicowany termin siewu nie modyfikował produkcji mleka z jednostki powierzchni oraz w przeliczeniu na 1 kg azotu zastosowanego w nawozie mineralnym (Tab. 34-35).

Tabela 34. Średnie wartości produkcji mleka dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	Produkcja mleka [kg/ha]	Produkcja mleka z 1 kg zastosowanego azotu [kg mleka/kg azotu]
Lata	2016	27729,11 ^a	213,30 ^a
	2017	26330,41 ^a	202,54 ^a
	2018	23764,02 ^a	182,80 ^a
Czynnik A	A1	28801,71 ^a	221,55 ^a
	A2	32609,16 ^a	250,84 ^a
	A3	29761,37 ^a	228,93 ^a
	A4	31669,52 ^a	243,61 ^a
	A5	18193,12 ^b	139,95 ^b
	A6	14612,20 ^b	112,40 ^b

Wartości w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Tabela 35. Średnie wartości produkcji mleka dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	Produkcja mleka [kg/ha]	Produkcja mleka z 1 kg azotu [kg mleka/kg azotu]
2016	A1	32677,37 ^{abc}	251,36 ^{abc}
	A2	37164,88 ^a	285,88 ^a
	A3	31581,80 ^{abcd}	242,94 ^{abcd}
	A4	38423,95 ^a	295,57 ^a
	A5	14883,32 ^{bcd}	114,49 ^{bcd}
	A6	11643,36 ^{cd}	89,56 ^{cd}
2017	A1	34008,05 ^{ab}	261,60 ^{ab}
	A2	28438,97 ^{abcd}	218,76 ^{abcd}
	A3	29820,60 ^{abcd}	229,39 ^{abcd}
	A4	38180,84 ^a	293,70 ^a
	A5	16979,97 ^{abcd}	130,62 ^{abcd}
	A6	10554,01 ^d	81,18 ^d
2018	A1	19719,72 ^{abcd}	151,69 ^{abcd}
	A2	32223,62 ^{abc}	247,87 ^{abc}
	A3	27881,70 ^{abcd}	214,47 ^{abcd}
	A4	18403,78 ^{abcd}	141,57 ^{abcd}
	A5	22716,06 ^{abcd}	174,74 ^{abcd}
	A6	21639,22 ^{abcd}	166,46 ^{abcd}

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.16. Wskaźnik jednostkowej produktywności azotu

Niezależnie od lat badań największą średnią jednostkową produktywność azotu dla plonu suchej masy słomy i kolb uzyskano w terminach A1-A4, natomiast najmniejszą w terminie T6. Z kolei dla plonu suchej masy całych roślin istotnie największą wartość określonej cechy wykazano w terminie A1-A4, natomiast najmniejszą w terminach A5 i A6.

Średnia jednostkowa produktywność azotu dla plonu suchej masy słomy, kolb i całych roślin w badaniach własnych w istotny sposób były kształtowane przez zmienne warunki pogodowe w latach badań oraz przez termin siewu kukurydzy. W roku 2016 istotnie największą jednostkową produkcję azotu dla plonu suchej masy słomy uzyskano w terminie A4, natomiast najmniejsza w terminie A5. Z kolei dla plonu suchej masy kolb i całych roślin największą wartość badanej cechy stwierdzono dla terminów A1-A4, natomiast najmniejszą dla terminu siewu kukurydzy T6. W roku 2017 istotnie największą jednostkową produkcję azotu dla plonu

suchej masy słomy uzyskano w terminie A1 i A4, natomiast najmniejszą w terminie A6. W przypadku plonu suchej masy kolb i całych roślin największą wartość oznaczonej cechy stwierdzono w terminie A4, natomiast istotnie najmniejszą w terminie A6. W roku 2018 badane terminy siewu kukurydzy nie różnicowały wartości jednostkowej produkcji azotu dla plonu suchej masy słomy, kolb i całych roślin (Tab. 36-37).

Tabela 36. Średnie wartości jednostkowej produktywności azotu dla lat i czynnika A

Czynniki doświadczalne	Poziomy czynników	Plon suchej masy słomy [kg s.m. słomy/kg azotu]	Plon suchej masy kolb [kg s.m. kolb/kg azotu]	Plon suchej masy całych roślin [kg s.m. całych roślin/kg azotu]
Lata	2016	58,01 ^a	69,21 ^a	127,22 ^a
	2017	58,35 ^a	62,53 ^a	120,87 ^a
	2018	63,32 ^a	50,08 ^a	113,40 ^a
Czynnik A	A1	68,75 ^a	63,32 ^{ab}	132,07 ^a
	A2	69,85 ^a	80,06 ^a	149,91 ^a
	A3	63,98 ^{ab}	79,87 ^a	143,85 ^a
	A4	70,59 ^a	75,10 ^a	145,70 ^a
	A5	47,66 ^{bc}	35,87 ^{bc}	83,54 ^b
	A6	38,52 ^c	29,40 ^c	67,92 ^b

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

Tabela 37. Średnie wartości jednostkowej produktywności azotu dla interakcji L × A

Lata	Czynnik A	Plon suchej masy słomy [kg s.m. słomy/kg azotu]	Plon suchej masy kolb [kg s.m. kolb/kg azotu]	Plon suchej masy całych roślin [kg s.m. całych roślin/kg azotu]
2016	A1	67,11 ^{abcd}	81,59 ^{abcd}	148,70 ^{abc}
	A2	71,36 ^{abc}	92,15 ^{ab}	163,51 ^{ab}
	A3	66,46 ^{abcde}	86,39 ^{abc}	152,85 ^{abc}
	A4	79,87 ^a	95,67 ^a	175,54 ^a
	A5	30,64 ^{de}	37,24 ^{abcd}	67,88 ^{cd}
	A6	32,62 ^{cde}	22,21 ^{cd}	54,83 ^d
2017	A1	83,34 ^a	69,01 ^{abcd}	152,35 ^{abc}
	A2	65,43 ^{abcde}	68,14 ^{abcd}	133,58 ^{abcd}
	A3	59,78 ^{abcde}	78,60 ^{abcd}	138,38 ^{abcd}
	A4	77,64 ^a	96,94 ^a	174,58 ^a
	A5	36,37 ^{bcde}	40,90 ^{abcd}	77,27 ^{bcd}
	A6	27,51 ^c	21,56 ^d	49,07 ^d
2018	A1	55,79 ^{abcde}	39,36 ^{abcd}	95,16 ^{abcd}
	A2	72,76 ^{ab}	79,89 ^{abcd}	152,65 ^{abc}
	A3	65,71 ^{abcde}	74,62 ^{abcd}	140,33 ^{abcd}
	A4	54,27 ^{abcde}	32,70 ^{abcd}	86,97 ^{abcd}
	A5	75,98 ^a	29,48 ^{bcd}	105,46 ^{abcd}
	A6	55,43 ^{abcde}	44,43 ^{abcd}	99,86 ^{abcd}

Wartości w kolumnach oznaczone co najmniej jedną taką samą literą nie różnią się istotnie.

5.17. Wartość higieniczna kiszonki

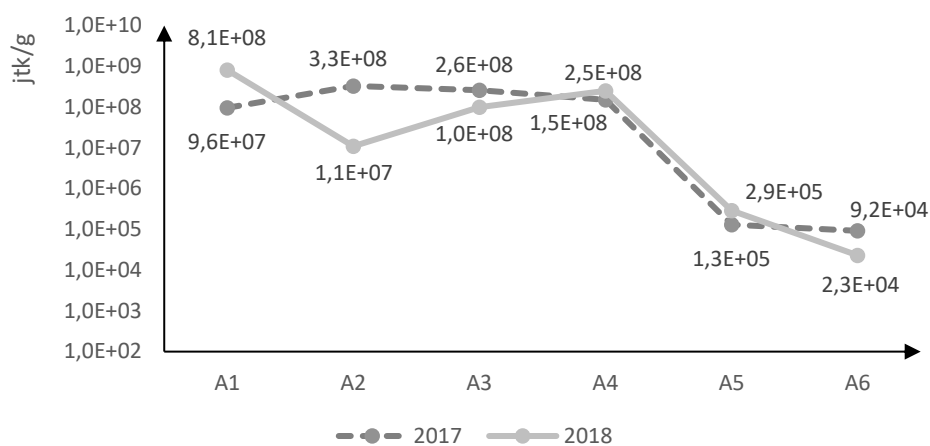
Wyniki analiz mikrobiologicznych badanych próbek kiszonek przedstawiono na rycinach 1-6. Ryciny 1, 3, 4, 5 sporządzono stosując skalę logarytmiczną (log), która przy uzyskanych wysokich wartościach pozwoliła skupić się na dynamice zmian pomiędzy badanymi czynnikami. Do sporządzenia rycin 2-6 zastosowano skalę liniową ze względu na uzyskanie niższego zróżnicowania liczebności analizowanych mikroorganizmów.

Bakterie fermentacji mlekowej

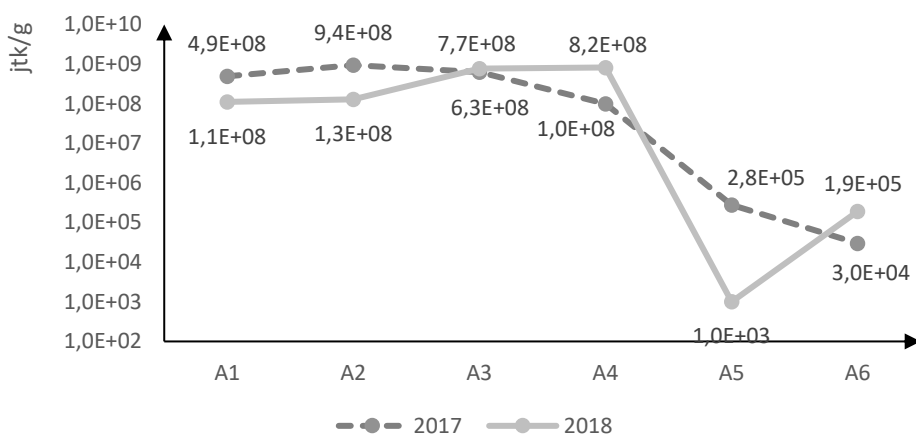
Analizując dynamikę rozwoju bakterii fermentacji mlekowej na osi czasu można dostrzec wspólny trend dla obu lat analiz 2017 i 2018 r. Kiszonki sporządzone z kukurydzy wysiewanej w terminach wcześniejszych (A1-A3) cechowały się wyższymi liczebnościami tych bakterii, ich liczebność znacznie była niższa dla późniejszych terminów siewu kukurydzy. Zależność ta jest powtarzalna dla każdej głębokości poboru próbek (A, B, C).

Dla poziomu A w roku 2017 najwyższy poziom bakterii mlekowych odnotowano w terminie A2 i wynosił on log 8,52 jtk/g ś.m kiszonki, a najniższy w terminie A6 na poziomie log 4,7. Liczebność bakterii mlekowych w terminach A2-A6 uległa obniżeniu o 42,7%. Najwyższe liczebności bakterii mlekowych odnotowano w roku 2018 w terminie A1 i wynosiły one log 8,9. Wartości najniższe odnotowano dla terminu A6 i wynosiły one log 4,4. Liczebność tych bakterii obniżyła się w terminach A1-A6 w roku 2018 o 50,6%. Dla poziomu B najwyższe liczebności bakterii mlekowych odnotowano w terminie A1 i wynosiły one dla roku 2017 i 2018 relatywnie: log 8,7. Dla roku 2017 wartość najniższą log 4,0 zanotowano w terminie A6, a dla roku 2018 w terminie A5 i wynosiła ona log 3,0. Liczebność tych bakterii uległa obniżeniu w latach 2017 i 2018 adekwatnie o 54% i 65,5%. W terminie A6 nastąpił wzrost liczebności bakterii w stosunku do terminu A5 o 43%. Dla poziomu C najwyższe liczebności oznaczono w terminie A1 w latach 2017 i 2018 i wynosiła ona adekwatnie log 8,9 i log 8,5. Dla roku 2017 najniższe wartości odnotowano w terminie A6 – log 4,3, a dla roku 2018 w terminie A5- log 4,8. Liczebność badanych bakterii uległa obniżeniu o 52% i 43,5%. W roku 2018 nastąpił wzrost liczebności bakterii mlekowych w terminach A5-A6 o 16,4% (Ryc. 1).

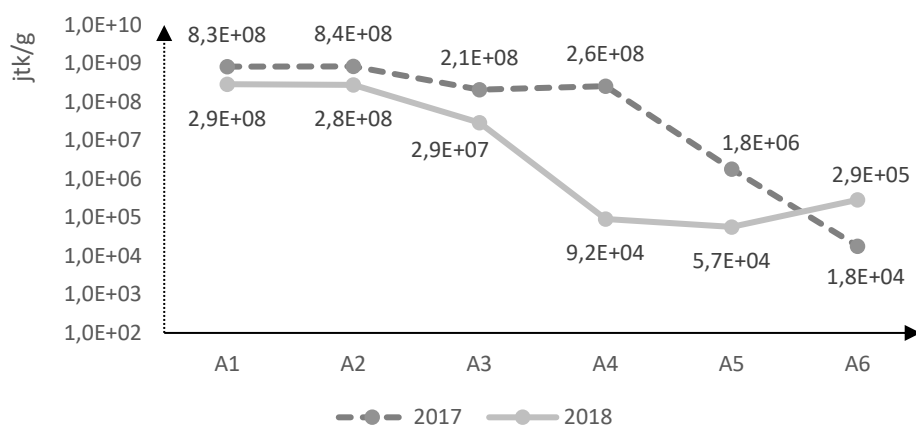
A



B



C



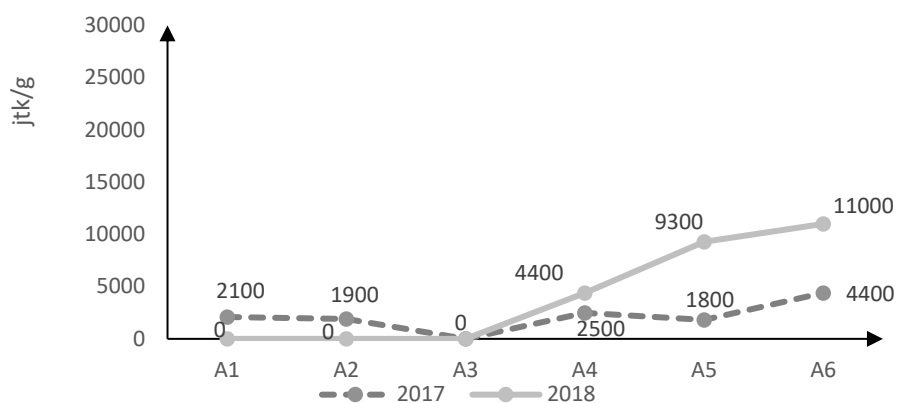
Ryc. 1. Dynamika zmian ogólnej liczebności bakterii fermentacji mlekowej w poszczególnych terminach analiz (A1-A6) w trzech poziomach pobrania próbek kiszonek (A, B, C)

Bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*

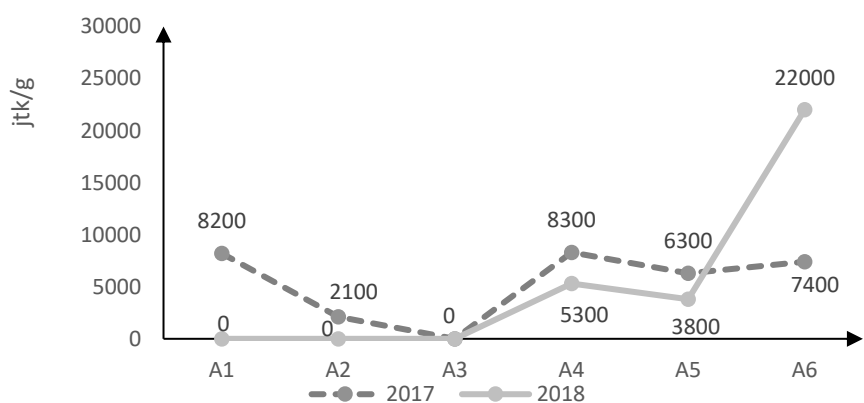
Analizując dynamikę występowania bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* na osi czasu można dostrzec wspólny trend dla obu lat analiz 2017 i 2018 r. Kiszonki sporządzone z kukurydzy wysiewanej w terminach wcześniejszych (A1-A3) cechowały się niższymi liczebnościami tych bakterii, ich liczebność znacznie była wyższa dla późniejszych terminów siewu kukurydzy. Zależność ta jest powtarzalna dla każdej głębokości poboru próbek (A, C z wyłączeniem poziomu B dla roku 2017). Wyraźnie zauważalna jest wyższa liczebność tych mikroorganizmów w roku 2017. W roku 2018 w terminach A1-A3 nie wykryto obecności tych bakterii lub występowały w ilościach na progu oznaczalności.

Na poziomie A w roku 2017 odnotowano spadek liczebności *Enterobacteriaceae* w terminach A1-A3 i kształtował się on następująco: 21×10^2 , 19×10^2 , $0,0 \times 10^2$ jtk/g. W tych samych terminach w roku 2018 nie wykryto obecności tych bakterii z zastosowanymi metodami. Od terminu A3 zarówno w roku 2017 i 2018 odnotowano wzrost liczebności *Enterobacteriaceae* w terminach A4-A6. W roku 2017 i 2018 najwyższa liczebność bakterii została oznaczona w terminie A6 i wynosiła ona adekwatnie: 44×10^2 , 110×10^2 jtk/g. W roku 2017 poziom B charakteryzował się wysoką zawartością *Enterobacteriaceae* – 82×10^2 jtk/g. Liczebność ta ulegał obniżeniu w kolejnych terminach i osiągnęła wartość $0,0 \times 10^2$ jtk/g w terminie A3. W 2018 roku w terminach A1-A3 liczebność tych bakterii oznaczono na poziomie $0,0 \times 10^2$ jtk/g. Zarówno w roku 2017 jak i 2018 odnotowano wzrost liczebności tych bakterii od terminu A3. W 2017 najwyższą liczebność – 83×10^2 jtk/g odnotowano dla terminu A4 i po tym terminie ulegała obniżeniu. W 2018 roku w terminie A6 liczebność osiągnęła wartości najwyższe 220×10^2 jtk/g. Na poziomie C w roku 2017 w terminie A3 liczebność *Enterobacteriaceae* wykazywała najniższą wartość – $0,0 \times 10^2$ jtk/g. Na tym samym poziomie oznaczono liczebność tych bakterii w roku 2018 dla terminu A1-A2. W obu latach badawczych od terminu A3 odnotowano wzrost liczebności *Enterobacteriaceae* i osiągnęła ona wartości maksymalne w terminie A6 i kształtowała się relatywnie dla roku 2017 i 2018 na poziomie: 180×10^2 i 290×10^2 jtk/g (Ryc. 2).

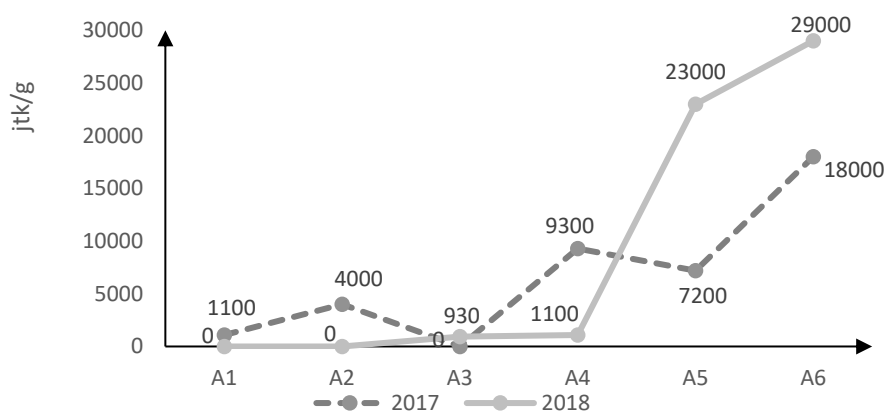
A



B



C

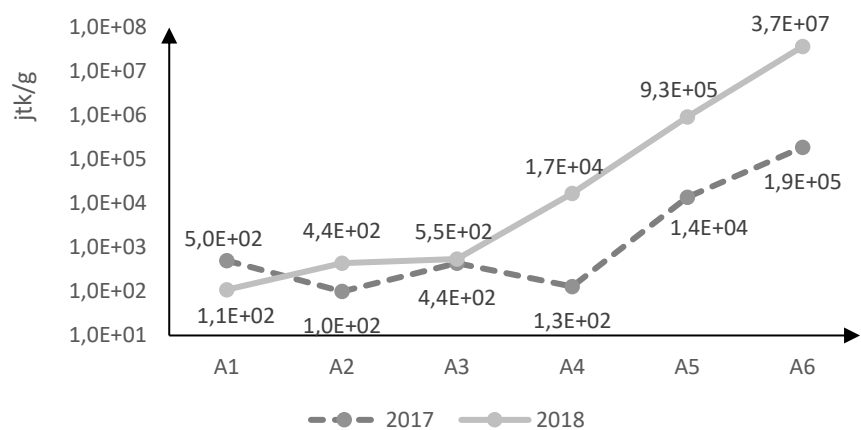


Ryc. 2. Dynamika zmian ogólnej liczebności bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w poszczególnych terminach analiz (A1-A6) w trzech poziomach pobrania próbek kiszzonek (A, B, C)

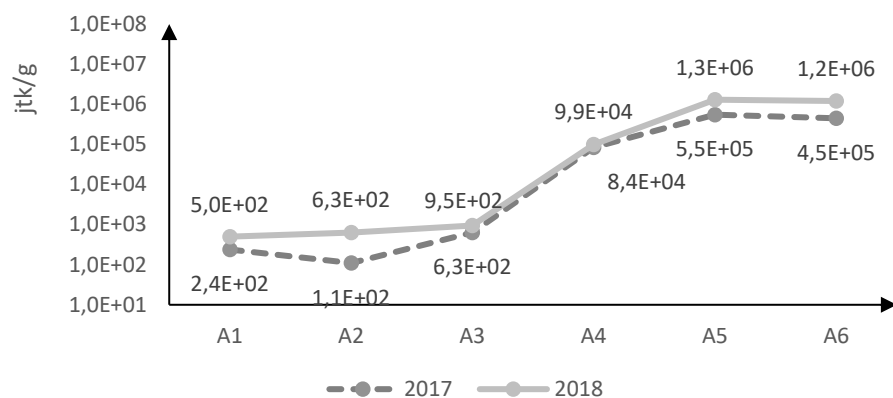
Bakterie z rodzaju *Clostridium*

Dynamika rozwoju tej grupy mikroorganizmów w latach 2017 i 2018 przedstawiała się podobnie. Kiszonki sporządzone z kukurydzy wysiewanej w terminach wcześniejszych (A1-A3) cechowały się niższymi liczebnościami tych bakterii, ich liczebność znacznie była wyższa dla późniejszych terminów siewu kukurydzy. Zależność ta jest powtarzalna dla każdej głębokości poboru próbek (A, B, C). Dla poziomu A niższe liczebności tych bakterii oznaczono w roku 2017. Najniższą wartość odnotowano dla terminów A1-A4 i wynosiła ona relatywnie: log 2,7, log 2,0, log 2,6, log 2,1. Wraz z opóźnieniem terminu wysiewu liczebność tych bakterii wzrastała i osiągnęła wartość maksymalną dla terminu A6 – log 5,3 i była wyższa o 62,3%. W roku 2018 liczebności bakterii *Clostridium* sp. w terminach A1-A3 kształtowały się na tym samym poziomie i osiągnęły najniższe wartości: log 2,0, log 2,6, log 2,7. W terminach A4-A6 odnotowano wzrost liczebności populacji tych bakterii, które maksymalną liczebność osiągnęły w terminie A6 – log 7,6 i była ona wyższa od początkowej o 74%. Poziom B cechowała podobna tendencja rozwoju bakterii. Najniższe wartości odnotowano dla obu lat badań w terminach A1-A3 i kształtowały się one adekwatnie na poziomach w roku 2017: log 2,4, log 2,0, log 2,8 oraz w roku 2018: log 2,7, log 2,8, log 3,0. Najwyższe wartości odnotowano w 2017 i 2018 r. w terminie A6 i wynosiły one relatywnie: log 5,7 i log 6,1. i były wyższe od najniższych o 65% i 56%. Na poziomie C dla terminów siewu A1-A3 sytuacja była podobna. Liczebności analizowanych bakterii oznaczono na zbliżonym poziomie i wynosiły adekwatnie w roku 2017: log 2,3, log 2,1, log 2,3, a w roku 2018: log 2,3, log 2,3, log 2,7. W roku 2017 w terminie A6 odnotowano najwyższą liczebność badanych bakterii, wynosiła ona log 6,9 i była wyższa od najniższych wartości o 67%. W roku 2018 najwyższe wartości oznaczono w terminie A5 – log 6,7 i była ona wyższa od początkowych o 66%. Następnie w terminie A6 nastąpiło obniżenie liczebności populacji bakteryjnej o 10,4% do poziomu log 6,0 (Ryc. 3).

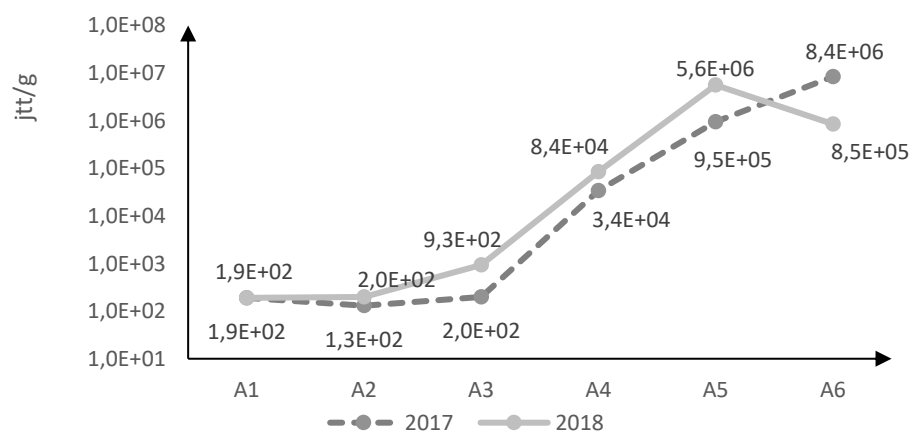
A



B



C

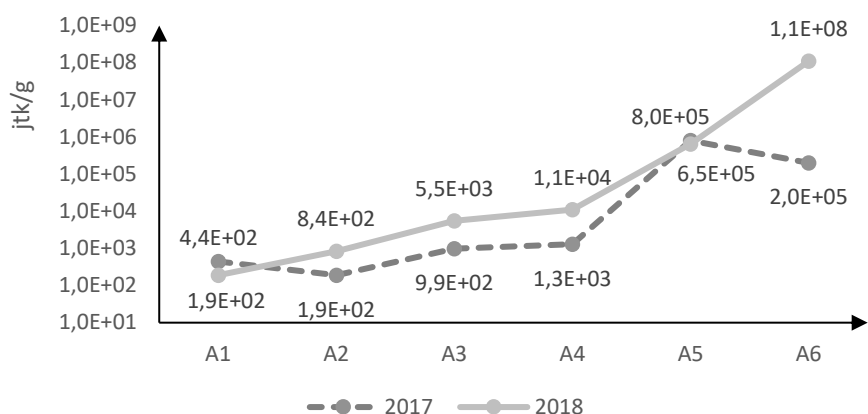


Ryc. 3. Dynamika zmian ogólnej liczebności bakterii z rodzaju *Clostridium* w poszczególnych terminach analiz (A1-A6) w trzech poziomach pobrania próbek kiszonek (A, B, C)

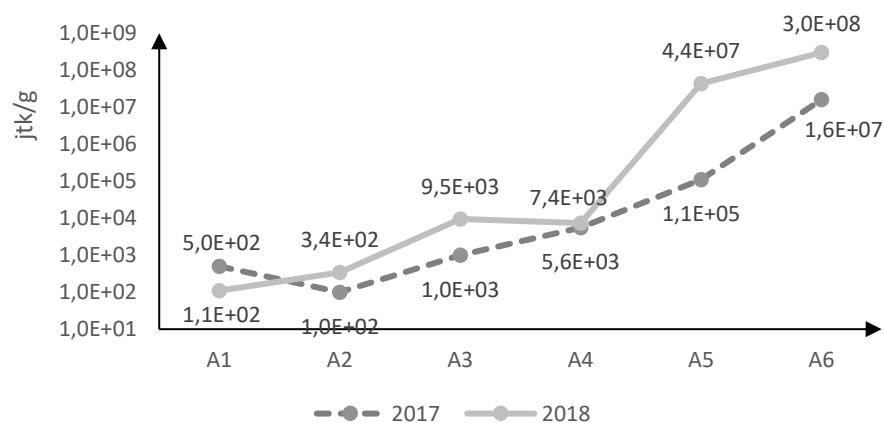
Ogólna liczebność bakterii z rodzaju *Bacillus*

Analizując dynamikę wzrostu bakterii z rodzaju *Bacillus* w latach 2017 i 2018 kształtowała się na tym samym poziomie. Najniższe liczebności tych bakterii oznaczono we wczesnych terminach siewu kukurydzy A1-A3. Terminy późniejsze cechowały się wyższymi liczebnościami bakterii *Bacillus* sp. Należy zauważyć, że w roku 2018 liczebność populacji tych bakterii była wyższa. Dla poziomu A najniższe wartości oznaczono w terminie A1 i wynosiły one w roku 2017 log 2,6 i A2 w 2018 log 2,3. Najwyższą liczebność *Bacillus* sp. w roku 2017 odnotowano w terminie A5 – log 5,9 i była ona wyższa od początkowej o 56%. W roku 2018 najwyższą liczebność tych bakterii odnotowano w terminie siewu A6 – log 8,0 i była ona wyższa od terminu A2 o 71,3%. W poziomach B i C zaobserwowano wyraźny wzrost liczebności badanych bakterii od terminu A3 w latach 2017 i 2018. Maksymalne liczebności w poziomie B oznaczono w terminie A6 i wynosiły one adekwatnie w latach 2017 i 2018: log 7,2 i log 8,5 i były one wyższe od najniższych o 62,5% i 76,4%. Dla poziomu C tendencja była podobna, najwyższe wartości oznaczono w latach 2017 i 2018 w terminie A6: log 7,1 i log 8,9. Były one wyższe od najniższych wartości relatywnie o 66,2% i 76,4% (Ryc. 4).

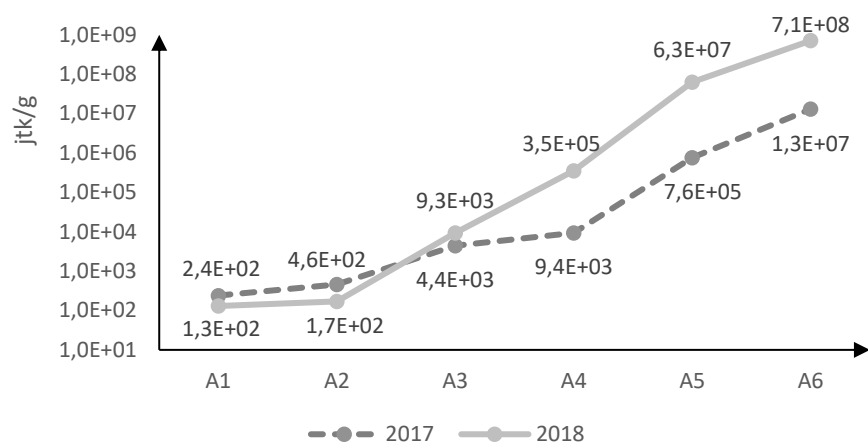
A



B



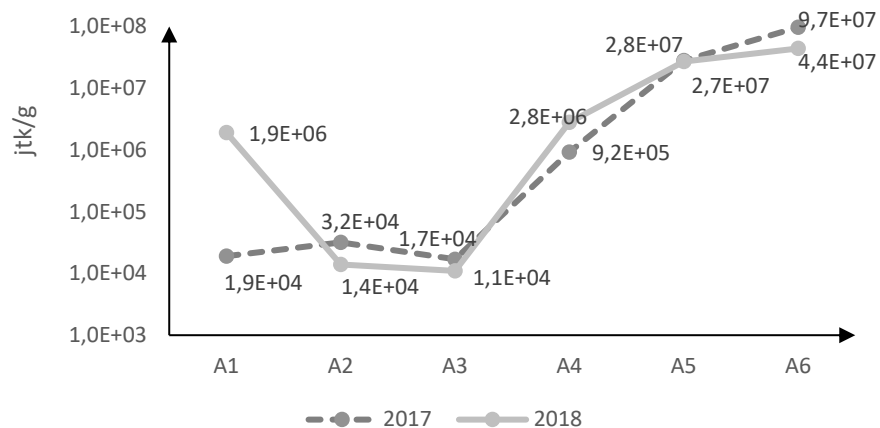
C



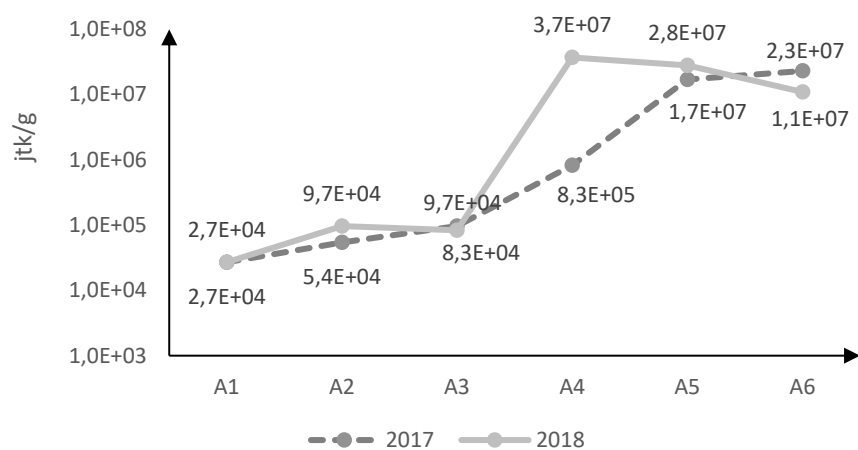
Ryc. 4. Dynamika zmian ogólnej liczebności bakterii z rodzaju *Bacillus* w poszczególnych terminach analiz (A1-A6) w trzech poziomach pobrania próbek kiszonek (A, B, C)

Ogólna liczebność grzybów pleśniowych

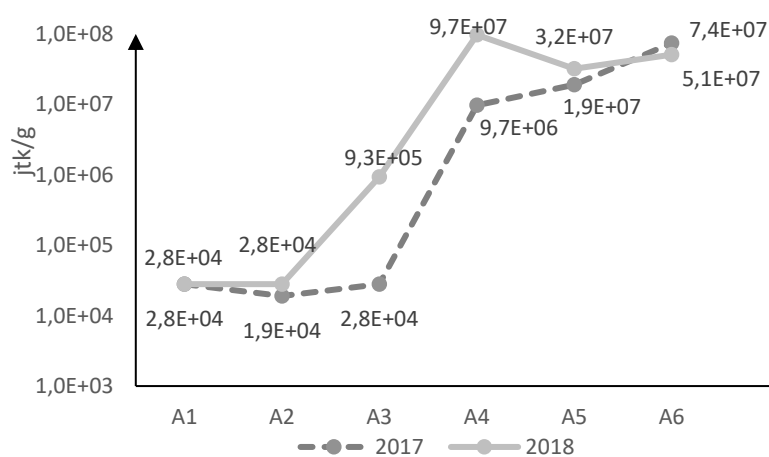
Na podstawie uzyskanych wyników odnotowano wzrost liczebności grzybów pleśniowych w badanych kiszonkach w latach 2017 i 2018 od terminu A3. Najwyższe wartości liczebności populacji tych grzybów osiągnęła w terminie A6. Rok 2018 charakteryzował się wyższymi liczebnościami grzybów pleśniowych w porównaniu z rokiem 2017. W poziomie A w terminie A1 oznaczono wysoką zawartość grzybów pleśniowych i wynosiła ona w roku 2018 log 6,3. Jednak już w terminie A2 zarówno w roku 2017 jak i 2018 liczebności te były zbliżone i wynosiły kolejno: log 4,5 i log 4,1. Najniższe wartości odnotowano w roku 2017 i 2018 w terminie A3 i wynosiły one: log 4,2 i log 4,0. Termin A6 charakteryzował się najwyższymi liczebnościami tych grzybów i wynosiły one dla lat 2017 i 2018 kolejno: log 8,0 i log 7,6, wzrosły one w stosunku do terminu A3 o 47,5% i 47%. Dla poziomu B najniższe liczebności grzybów pleśniowych w latach 2017 i 2018 odnotowano w terminie A1 i kształtowały się one na tym samym poziomie log 4,4. Natomiast najwyższe wartości oznaczono w 2017 i 2018 roku w terminie A6, wynosiły one log 7,4 i log 7,0. Były one wyższe od najniższych o 40,5% i 37%. Poziom C charakteryzował się zbliżoną dynamiką wzrostu grzybów w porównaniu z poziomem B. Najniższe liczebności oznaczono w terminie A1 w latach 2017 i 2018 i wynosiły one log 4,4. Najwyższe wartości oznaczono w terminie A6 i wynosiły one relatywnie: log 7,9 i log 7,7 i były wyższe od najniższych o 44,3% i 42,9% (Ryc. 5).



B



C

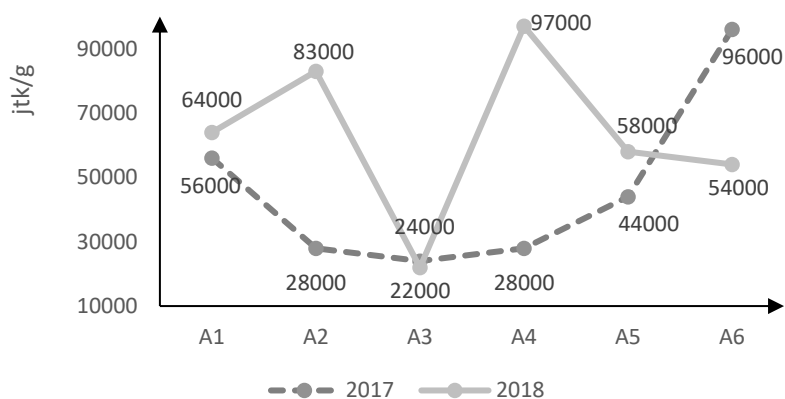


Ryc. 5. Dynamika zmian ogólnej liczebności grzybów pleśniowych w poszczególnych terminach analiz (A1-A6) w trzech poziomach pobrania próbek kiszonek (A, B, C)

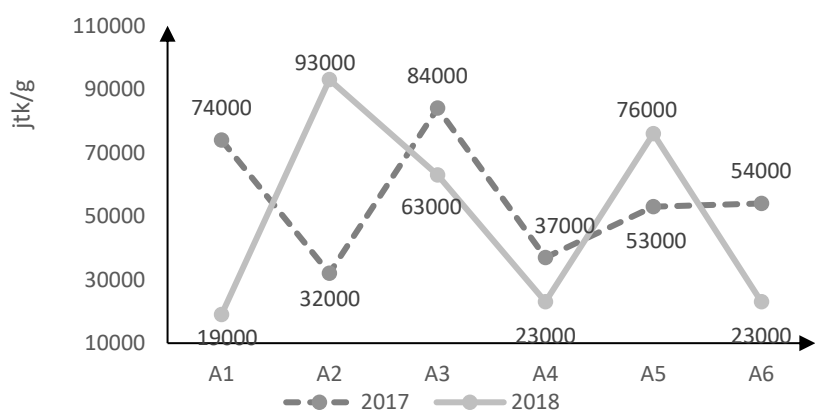
Ogólna liczebność drożdży i grzybów drożdżopodobnych

Analizując wyniki dotyczące ogólnej liczebności drożdży i grzybów drożdżopodobnych nie zaobserwowano jednoznacznego trendu w dynamice wzrostu tych grzybów w latach 2017 i 2018. Również dynamika wzrostu na poszczególnych poziomach poboru próbek nie pozwala na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków. Można określić wartości najniższe dla liczebności tych grzybów, które wynosiły 19×10^3 jtk/g w roku 2018 dla terminu A1 dla poziomu B i taką samą wartość oznaczono dla terminu A3 dla poziomu C oraz najwyższe wartości 97×10^3 jtk/g dla poziomu A w terminie A4 i dla poziomu C w terminie A3 (Ryc. 6).

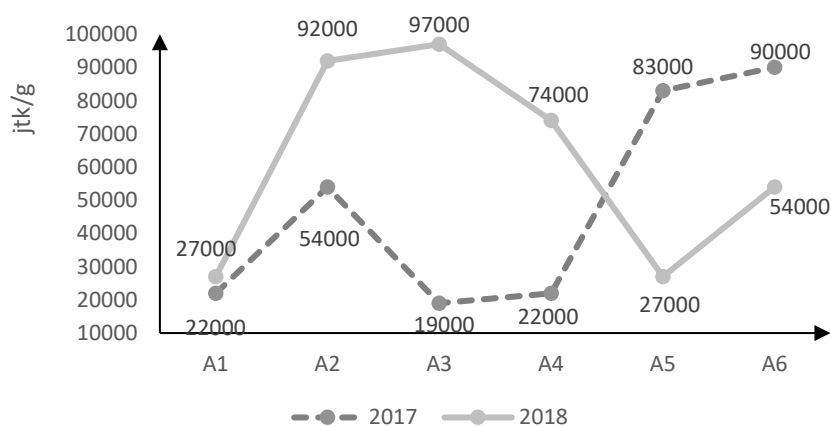
A



B



C



Ryc. 6. Dynamika zmian ogólnej liczebności drożdży i grzybów drożdżopodobnych w poszczególnych terminach analiz (A1-A6) w trzech poziomach pobrania próbek kiszonek (A, B, C)

5.18. Zależności liniowe pomiędzy wybranymi cechami zielonki

W pracy badano, czy istnieją zależności liniowe pomiędzy zawartością sześciu wybranych cech w zielonce z kukurydzy. Analiza wszystkich zebranych obserwacji z lat 2016-2018 wykazała, że istnieją zależności liniowe ujemne między: włóknom surowym a tłuszczem surowym, włóknom surowym a BNW, włóknom surowym a skrobią oraz popiołem surowym a BNW. Zatem w miarę zwiększania zawartości włókna surowego w zielonce, ilość tłuszczu surowego, BNW oraz skrobi maleje. Obserwowano również spadek ilości BNW wraz ze wzrostem zawartości popiołu surowego w zielonce. Badania dodatkowo potwierdziły, że istnieją dodatnie zależności liniowe między zawartością skrobi w zielonce a ilością białka ogólnego oraz tłuszczu surowego. Zwiększenie zawartości skrobi w zielonce skutkowało wzrostem ilości białka ogólnego oraz tłuszczu surowego (Tab. 38.).

Tabela 38. Siła zależności liniowej według współczynnika Pearsona (niezależnie od lat)

	Popiół surowy	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	BNW	Skrobia
Popiół surowy	1,0000	0,2575	0,0960	0,0611	- 0,4361**	0,2751
Białko ogólne	0,2575	1,0000	0,2227	- 0,1905	- 0,2288	0,5002**
Tłuszcz surowy	0,0960	0,2227	1,0000	- 0,6387**	0,3263	0,5529**
Włókno surowe	0,0611	- 0,1905	- 0,6387**	1,0000	- 0,8159**	- 0,4080*
BNW	- 0,4361**	- 0,2288	0,3263	- 0,8159**	1,0000	0,0822
Skrobia	0,2751	0,5002**	0,5529**	- 0,4080*	0,0822	1,0000

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

W badaniach przeprowadzonych w 2016, 2017 oraz 2018 roku stwierdzono, że istnieją zależności liniowe ujemne między zawartością włókna surowego w zielonce a ilością skrobi i BNW. Oznacza to, że im większa była zawartość włókna surowego w zielonce, tym mniejsze były ilości skrobi oraz BNW. W 2016 roku przeprowadzono badania, które potwierdziły istnienie dodatnich zależności liniowych pomiędzy zawartością skrobi w zielonce a ilością białka ogólnego i tłuszczu surowego. Zatem w miarę zwiększania zawartości skrobi w zielonce to ilość białka ogólnego oraz tłuszczu surowego wzrasta. W 2017 roku przeprowadzone badania

wykazały, że istnieje dodatnia zależność między zawartością tłuszczu surowego w zielonce a ilością BNW. Oznacza to, że im większa była zawartość tłuszczu surowego w zielonce, tym większa była ilość BNW. Ponadto wykazano, że wzrost zawartości włókna surowego w zielonce powodował równoczesny spadek ilości tłuszczu surowego. Badania, które przeprowadzano w 2018 roku, dowiodły istnienia ujemnych zależności liniowych pomiędzy zawartością włókna surowego w zielonce a zawartością białka ogólnego oraz pomiędzy zawartością skrobi a ilością popiołu surowego. Zatem, im więcej włókna surowego znajdowało się w zielonce, tym mniej było tam białka ogólnego. Dodatkowo, im większa była zawartość skrobi w zielonce, tym mniejsza była ilość popiołu surowego. Badania potwierdziły również istnienie dodatniej zależności liniowej pomiędzy zawartością skrobi w zielonce a ilością BNW. Wzrost zawartości skrobi prowadził do wzrostu BNW (Tab. 39).

Tabela 39. Siła zależności liniowej według współczynnika Pearsona

	Popiół surowy	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	BNW	Skrobia
Rok 2016						
Popiół surowy	1,0000	0,3249	-0,0827	0,0234	- 0,4929	0,2011
Białko ogólne	0,3249	1,0000	0,2789	- 0,1276	- 0,4376	0,6621*
Tłuszcz surowy	- 0,0827	0,2789	1,0000	- 0,4605	0,1646	0,7229**
Włókno surowe	0,0234	- 0,1276	- 0,4605	1,0000	- 0,7683**	- 0,6723*
BNW	- 0,4929	- 0,4376	0,1646	- 0,7683**	1,0000	0,1467
Skrobia	0,2011	0,6621*	0,7229**	- 0,6723*	0,1467	1,0000
Rok 2017						
Popiół surowy	1,0000	0,1256	- 0,2920	0,0949	- 0,3159	- 0,2163
Białko ogólne	0,1256	1,0000	- 0,0715	0,1502	- 0,4319	0,3829
Tłuszcz surowy	- 0,2920	- 0,0715	1,0000	- 0,8233**	0,7153**	0,5093
Włókno surowe	0,0949	0,1502	- 0,8233**	1,0000	- 0,9237**	- 0,6628*
BNW	- 0,3159	- 0,4319	0,7153**	- 0,9237**	1,0000	0,5386
Skrobia	- 0,2163	0,3829	0,5093	- 0,6628*	0,5386	1,0000
Rok 2018						
Popiół surowy	1,0000	- 0,0778	- 0,0451	0,4276	- 0,5241	- 0,7557**
Białko ogólne	- 0,0778	1,0000	0,2898	- 0,6157*	- 0,0394	0,2650
Tłuszcz surowy	- 0,0451	0,2898	1,0000	- 0,2969	- 0,0923	0,3677
Włókno surowe	0,4276	- 0,6157*	- 0,2969	1,0000	- 0,6076*	- 0,7636**
BNW	- 0,5241	- 0,0394	- 0,0923	- 0,6076*	1,0000	0,7324**
Skrobia	- 0,7557**	0,2650	0,3677	- 0,7636**	0,7324**	1,0000

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

W pracy badano, czy istnieją zależności liniowe pomiędzy zawartością sześciu wybranych cech w kiszonce z kukurydzy. Analiza wszystkich zebranych obserwacji z lat 2016-2018 wykazała, że istnieją zależności liniowe ujemne między: włóknom surowym a BNW, włóknom surowym a skrobią oraz popiołem surowym a BNW. Zatem im większa była zawartość włókna surowego w kiszonce z kukurydzy, tym mniejsza była zawartość skrobi oraz BNW. Ponadto, w miarę zwiększania się zawartości popiołu surowego w kiszonce, obserwowano zmniejszanie się ilości BNW. Badania potwierdziły również istnienie dodatnich zależności liniowych pomiędzy: włóknom surowym a popiołem surowym oraz skrobią a tłuszczem surowym. Oznacza to, że wzrost zawartości włókna surowego w kiszonce prowadził do wzrostu zawartości popiołu surowego. Ponadto wykazano, że wzrost zawartości skrobi w kiszonce powodował równoczesny przyrost ilości tłuszczu surowego (Tab. 40).

Tabela 40. Siła zależności liniowej według współczynnika Pearsona (niezależnie od lat)

	Popiół surowy	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	BNW	Skrobia
Popiół surowy	1,0000	0,0548	– 0,0351	0,7086**	– 0,8119**	0,0470
Białko ogólne	0,0548	1,0000	– 0,0504	0,1363	– 0,2550	0,0812
Tłuszcz surowy	– 0,0351	– 0,0504	1,0000	– 0,3284	0,1621	0,3821*
Włókno surowe	0,7086**	0,1363	– 0,3284	1,0000	– 0,9668**	– 0,3326*
BNW	– 0,8119**	– 0,2550	0,1621	– 0,9668**	1,0000	0,2076
Skrobia	0,0470	0,0812	0,3821*	– 0,3326*	0,2076	1,0000

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

W 2016 i 2018 wykazano, że istnieje dodatnia liniowa zależność między zawartością skrobi w kiszonce kukurydzianej a ilością BNW. Wykazano, że wzrost zawartości skrobi powodował równoczesny wzrost ilości BNW (Tab. 41).

Badania, które przeprowadzano w 2016 roku, dowiodły istnienia ujemnej zależności liniowej pomiędzy zawartością włókna surowego w kiszonce z kukurydzy a ilością tłuszczu surowego, skrobi oraz BNW. Zatem, im większa była zawartość włókna surowego w kiszonce,

tym mniejsza była zawartość tłuszczu surowego, skrobi oraz BNW. Ponadto wykazano, że wzrost zawartości popiołu surowego w kiszonce powodował równoczesny spadek BNW.

W 2017 roku przeprowadzone badania potwierdziły dodatnią linową zależność między zawartością skrobi a ilością białka ogólnego oraz zawartością skrobi a tłuszczem surowym. Stwierdzono, że podwyższenie zawartości skrobi w kiszonce kukurydzianej skutkowało równocześnie zwiększeniem ilości białka ogólnego oraz tłuszczu surowego. Badania wykazały również, że im większa zawartość włókna surowego tym mniejsza ilość BNW.

Wyniki badań prowadzonych w 2018 roku wykazały, że istnieje ujemna zależność między zawartością włókna surowego w kiszonce kukurydzianej a zawartością skrobi i BNW. Zatem, im większa była zawartość włókna surowego w kiszonce, tym mniejsza była zawartość skrobi oraz BNW. Dodatkowo, wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu surowego w kiszonce, zaobserwowano spadek ilości popiołu surowego.

Tabela 41. Siła zależności liniowej według współczynnika Pearsona

	Popiół surowy	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	BNW	Skrobia
Rok 2016						
Popiół surowy	1,0000	– 0,2132	0,2881	0,4446	– 0,6494*	– 0,3027
Białko ogólne	– 0,2132	1,0000	– 0,2495	0,0454	– 0,1301	– 0,1780
Tłuszcz surowy	0,2881	– 0,2495	1,0000	– 0,6280*	0,4114	0,1590
Włókno surowe	0,4446	0,0454	– 0,6280*	1,0000	– 0,9512**	– 0,5841*
BNW	– 0,6494*	– 0,1301	0,4114	– 0,9512**	1,0000	0,6273*
Skrobia	– 0,3027	– 0,1780	0,1590	– 0,5841*	0,6273*	1,0000
Rok 2017						
Popiół surowy	1,0000	0,3059	0,4645	0,2344	– 0,5528	0,4762
Białko ogólne	0,3059	1,0000	0,0550	0,2564	– 0,5258	0,5794*
Tłuszcz surowy	0,4645	0,0550	1,0000	0,0662	– 0,2976	0,6099*
Włókno surowe	0,2344	0,2564	0,0662	1,0000	– 0,9032**	– 0,0639
BNW	– 0,5528	– 0,5258	– 0,2976	– 0,9032**	1,0000	– 0,2754
Skrobia	0,4762	0,5794*	0,6099*	– 0,0639	– 0,2754	1,0000
Rok 2018						
Popiół surowy	1,0000	0,1484	– 0,7449**	0,4705	– 0,3331	– 0,2701
Białko ogólne	0,1484	1,0000	– 0,0380	0,3324	– 0,5030	– 0,5030
Tłuszcz surowy	– 0,7449**	– 0,0380	1,0000	– 0,5254	0,3071	0,5165
Włókno surowe	0,4705	0,3324	– 0,5254	1,0000	– 0,9580**	– 0,8527**
BNW	– 0,3331	– 0,5030	0,3071	– 0,9580**	1,0000	0,8180**
Skrobia	– 0,2701	– 0,5030	0,5165	– 0,8527**	0,8180**	1,0000

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

6. DYSKUSJA

Plonowanie kukurydzy oraz jej wartość paszowa bardzo zmieniają się pod wpływem czynników agrotechnicznych i środowiskowych (Wang i in. 2022, Szempliński i in. 2009). Spośród czynników środowiskowych duży wpływ na plony kukurydzy i ich strukturę mają: temperatura, opady atmosferyczne oraz jakość gleb (Chen i in. 2020). W świetle badań własnych można stwierdzić, że warunki termiczne w latach badań były korzystne dla wzrostu i rozwoju kukurydzy. Średnie temperatury powietrza w okresie wegetacyjnym kukurydzy wynosiły od 14,2°C (2017) do 16,6°C (2018). Zatem z danymi zawartymi w literaturze przedmiotu wymagania termiczne dla wzrostu i rozwoju kukurydzy zostały spełnione. Zdaniem Szulca i Bocianowskiego (2011) poziom plonowania kukurydzy w większym stopniu zależy jednak od opadów atmosferycznych niż temperatury. Sumy opadów atmosferycznych w okresach wegetacji w latach badań były bardzo zróżnicowane i wynosiły od 230,3 mm w roku 2018 do 553,0 mm w roku 2017. Ważnym kryterium oceny działania lat badań oraz terminów siewu w doświadczeniu własnym są plony świeżej masy kolb i całych roślin. W doświadczeniu własnym stwierdzono duże zróżnicowanie tych cech dla roślin kukurydzy kiszonkowej w okresie prowadzenia badań. Średnio dla lat badań istotnie najwyższym plonem świeżej masy kolb jak i całych roślin charakteryzowały się dwa pierwsze lata badań (2016, 2017), w porównaniu do ostatniego roku badań. Uzyskany wynik w badaniach własnych był spowodowany zdecydowanie niższą sumą opadów atmosferycznych dla roku 2018, która była niższa o ponad 100%, w porównaniu do dwóch pierwszych lat badań. Uzyskany wynik w badaniach własnych potwierdziła wcześniej Sulewska (2001). Zdaniem tej autorki wartości minimalne plonów kukurydzy kiszonkowej w świeżej i suchej masie były odpowiednio pięć- i około dwuipółkrotnie mniejsze od maksymalnych, czego powodem była susza w okresie prowadzenia badań. Rozpatrując z kolei termin siewu kukurydzy na w/w cechy stwierdzono, że zasianie kukurydzy w czerwcu, w porównaniu do siewu kwietniowego czy majowego redukuje wielkość plonu kukurydzy kiszonkowej o ponad 21 ton/ha. Zatem uzyskany wynik w badaniach własnych dobitnie świadczy o silnej reakcji fotoperiodycznej kukurydzy, mówiący o tym, że jest to roślina dnia krótkiego.

Termin siewu kukurydzy zależy od wielu czynników, przede wszystkim od wykorzystania plonu, warunków klimatycznych, glebowych, agrotechnicznych oraz rejonu kraju, w którym roślina będzie uprawiana (Domokos i in. 2024, Seleiman i in. 2021). Jakkolwiek odstępstwa od optymalnego terminu siewu najczęściej wiążą się z uzyskaniem niższych plonów oraz koniecznością modyfikacji agrotechniki. Kukurydzą, ze względu na długi okres wegetacji, należy siał stosunkowo wcześniej, zaraz po zasiewie innych typowych

dla naszej strefy roślin jarych. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod hodowli znacząco obniżono temperatury kiełkowania kukurydzy oraz zwiększono wigor początkowego wzrostu (Shao i in. 2023, Corazza da Rosa i in. 2020). W przypadku uprawianych aktualnie odmian kukurydzy, temperatura gleby umożliwiająca kiełkowanie ziarniaków wynosi od 6 do 8°C. Na południu i w regionie środkowo-zachodnim przypada to w okresie pomiędzy 10 a 20 kwietnia, a pozostałych rejonach Polski od 20 kwietnia do pierwszych dni maja. Siewy późniejsze sprzyjają szybszym i bardziej wyrównanym wschodom, ale obniżają plony i przedłużają okres wegetacji tej rośliny. W uprawie na ziarno preferować należy jak najwcześniejszy siew, zaś na kiszonkę termin siewu można nieco opóźnić, bowiem okres wegetacji jest krótszy, a opóźnienie siewu sprzyja tworzeniu biomasy wegetatywnej. Wprawdzie wczesny siew kukurydzy ze względu na krótszy dzień na początku wschodów jest czynnikiem plonotwórczym, jednakże również wczesne i wyrównane wschody odgrywają decydującą rolę w tworzeniu plonu generatywnego (Zhao i in. 2022, Molenica i in. 2021). W przypadku łanów kukurydzy wschodzących w przeciągu 15-20 dni od siewu straty roślin do momentu zbioru na plantacji mogą wynieść nawet do 10-20%. Rośliny, które wzeszły tylko 3-4 dni później od sąsiadujących z nimi w łanie, przez cały okres wegetacji będą gorzej się rozwijały na skutek niedoboru światła i wykształcenia słabszego systemu korzeniowego. To z kolei będzie prowadzić do gorszego zawiązywania kolb, a często także nawet do ich niewykształcenia i przedwczesnego dojrzewania. Bardzo dużym problemem wynikającym z nierównomiernych wschodów roślin kukurydzy wywołanych przyspieszeniem, względnie opóźnieniem terminu siewu jest właściwy dobór terminu zwalczania chwastów na plantacji. Wspomniane później wschodzące rośliny mogą wykształcić 3 liście, podczas gdy te bardziej rozwinięte są często w fazie już 6 liści. Te mocniej rozwinięte są dużo bardziej wrażliwe na środki aktywne na liściu. Z uwagi na fakt, że zastosowanie herbicydów przypada w środku fazy zawiązywania kolb, dodatkowo pogarsza się też potencjał ich plonowania. Wyniki badań polowych jednoznacznie wskazują, że termin siewu kukurydzy ma bardzo duży wpływ na wysokość plonu ziarna (Wu i in. 2024, Kulkarmi i in. 2024). W omawianym doświadczeniu plon ziarna zmniejszał się pod wpływem opóźnionego siewu, mimo większej liczby roślin i kolb na jednostce powierzchni. Jednakże to zwiększenie liczby kolb nie wyrównało spadku plonu ziarna z pojedynczej kolby, powodowanego opóźnionym terminem siewu kukurydzy. Decydowało o tym skrócenie kolby (zmniejszenie liczby ziaren w kolbie) oraz istotna obniżka masy 1000 ziaren. Ponadto spadek plonu ziarna w obiekcie z najpóźniejszym (15.V) terminem siewu spowodowany był zmniejszeniem się liczby kolb na jednostce powierzchni. Kukurydza jest rośliną krótkiego dnia. W przypadku wczesnego siewu różnicowanie się stożka wzrostu kolby przebiega u niej w

warunkach krótkiego dnia i dlatego liczba ziaren w rzędzie jest większa niż w przypadku opóźnionego siewu gdy rozwój przebiega w warunkach dnia długiego. Termin siewu kukurydzy wywiera też istotny wpływ na dojrzewanie nasion. Opóźnienie tego terminu, zwłaszcza w latach o niekorzystnym dla kukurydzy przebiegu pogody, powoduje opóźnienie dojrzewanie ziarna.



Fot. 7. Wpływ terminu siewu kukurydzy odmiany Pyroxenia na zaawansowanie jej rozwoju (fotografia własna)



Fot. 8. Rośliny kukurydzy odmiany Pyroxenia zasiane 26. IV (fotografia własna)



Fot. 9. Rośliny kukurydzy odmiany Pyroxenia zasiane 21. V1 (fotografia własna)

W pracy przeprowadzono analizę zależności funkcyjnych między siedmioma badanymi cechami [świeża masa słomy (i), kolb (ii), całych roślin (iii), sucha masa słomy(iv), kolb (v) i całych roślin (vi), produkcja mleka (vii)] a trzema wybranymi czynnikami meteorologicznymi: średnią sumą opadów atmosferycznych w badanym okresie, średnią temperaturą powietrza oraz średnim STE. Tabela 42 przedstawia zależności funkcyjne między plonem świeżej masy słomy (y) a średnią sumą opadów atmosferycznych (x_1), średnią temperaturą powietrza (x_2) oraz średnią sumą temperatur efektywnych STE (x_3). Analiza danych z 2016 roku wykazała istotną dodatnią zależność liniową między plonem świeżej masy słomy a średnia temperaturą powietrza (Tab. 42), co oznacza, że wraz ze wzrostem temperatury plon również wzrastał. Współczynnik determinacji równy 58,06% wskazuje, że zmienność temperatury powietrza tłumaczyła 58,06% zmienności plonu świeżego słomy, zgodnie z modelem regresji $y = -69,01 + 5,87x_2$. Jednocześnie stwierdzono istotną ujemną zależność liniową między plonem świeżej masy słomy a sumą opadów atmosferycznych, co sugeruje, że większa suma opadów atmosferycznych skutkowała niższym plonem. Współczynnik determinacji wynoszący 57,01% wskazuje, że ilość opadów odpowiadała za 57,01% zmienności plonu świeżego słomy, zgodnie z równaniem $y = 184,10 - 0,51x_1$. Analiza danych z 2017 roku wykazała też istotną ujemną zależność liniową między plonem świeżej masy słomy a sumą opadów atmosferycznych. Współczynnik determinacji równy 65,18% wskazuje, że suma opadów atmosferycznych wyjaśniała ponad 65% zmienności plonu, zgodnie z modelem regresji przedstawionym w tabeli 42. Ponadto, w 2017 roku stwierdzono, że istotnymi czynnikami wpływającymi na plon świeżej masy słomy były temperatura powietrza oraz STE. Współczynnik determinacji wynoszący 91,64% oznacza, że opracowany model regresji wyjaśnia ponad 91% zmienności plonu, co świadczy o jego wysokim dopasowaniu do danych empirycznych. Podobną zależność zaobserwowano również dla zbioru danych obejmującego lata 2016–2018, gdzie średnia temperatura powietrza i STE miały istotny wpływ na plon świeżej masy słomy. Stopień dopasowania modelu regresji wielokrotnej do danych był równy 34,73%.

Tabela 42. Zależności funkcyjne pomiędzy plonem świeżej masy słomy a sumą opadów atmosferycznych, średnią temperaturą powietrza oraz STE.

Rok	Współczynnik korelacji r	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2	p
2016	- 0,7550	$y = 184,10 - 0,51x_1$	57,01%	0,0045
	0,7620	$y = -69,01 + 5,87x_2$	58,06%	0,0040
2017	-	$y = -46,64 + 14,56x_2 - 0,13x_3$	91,64%	$p_2 = 0,0000$ $p_3 = 0,0000$
	- 0,8074	$y = 189,18 - 0,42x_1$	65,18%	0,0015
Niezależne od lat		$y = 31,431 + 4,066x_2 - 0,055x_3$	34,73%	$p_2 = 0,0010$ $p_3 = 0,0003$

y – plon świeży słomy, x_1 – opady, x_2 – temperatura, x_3 – STE

Tabela 43 przedstawia zależności funkcyjne między plonem świeżej masy kolb (y) a średnią sumą opadów atmosferycznych (x_1), średnią temperaturą powietrza (x_2) oraz STE (x_3). Analiza danych z 2016 roku wykazała istotną dodatnią zależność liniową między plonem świeżej masy kolb a średnią temperaturą powietrza. Oznacza to, że wzrost temperatury powietrza sprzyjał zwiększeniu plonu. Współczynnik determinacji równy 50,15% wskazuje, że zmienność temperatury powietrza odpowiadała za ponad połowę zmienności plonu zgodnie z modelem regresji liniowej $y = -24,83 + 2,38x_2$. Jednocześnie stwierdzono istotną ujemną zależność liniową między plonem świeżej masy kolb a sumą opadów atmosferycznych, co sugeruje, że większa suma opadów prowadziła do spadku plonu. Współczynnik determinacji wynoszący 50,86% oznacza, że suma opadów atmosferycznych tłumaczyła ponad 50% zmienności plonu świeżej masy kolb, zgodnie z równaniem $y = 78,74 - 0,21x_1$. W 2017 roku również zaobserwowano istotną ujemną zależność liniową między plonem świeżej masy kolb a sumą opadów atmosferycznych. Współczynnik determinacji równy 33,51% wskazuje, że suma

opadów atmosferycznych wyjaśniała ponad 33% zmienności plonu (Tabela 2). Dodatkowo, analiza wykazała, że w 2017 roku istotnymi czynnikami wpływającymi na plon świeżej masy kolb były temperatura powietrza oraz STE. Współczynnik determinacji wynoszący 80,20% potwierdza, że wyznaczony model regresji wyjaśniał 80,20% zmienności plonu, co świadczy o jego wysokim dopasowaniu do danych empirycznych. W 2018 roku wykazano natomiast nieliniową zależność drugiego stopnia między plonem świeżej masy kolb a sumą opadów atmosferycznych oraz między plonem a STE na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Podczas analizy danych z lat 2016–2018 stwierdzono, że temperatura powietrza, suma opadów atmosferycznych oraz STE miały istotny wpływ na plon świeżej masy kolb. Współczynnik determinacji $R^2 = 39,92\%$, co oznacza, że uzyskany model wyjaśniał prawie 40% zmienności plonu w badanym okresie.

Tabela 43. Zależności funkcyjne pomiędzy plonem świeżej masy kolb a sumą opadów atmosferycznych, temperaturą powietrza oraz STE.

Rok	Współczynnik korelacji r	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2	p
2016	0,7082	$y = -24,83 + 2,38x_2$	50,15%	0,0100
	- 0,7131	$y = 78,74 - 0,21x_1$	50,86%	0,0092
2017	–	$y = -30,284 + 5,562x_2 - 0,037x_3$	80,20%	$p_2 = 0,0002$ $p_3 = 0,0006$
	- 0,5789	$y = 54,83 - 0,11x_1$	33,51%	0,0486
2018	–	$y = -258,685 + 4,241x_1 - 0,017x_1^2$	56,68%	0,0082
	–	$y = 0,051 + 0,044x_3 + 0,042x_3^2$	42,06%	0,0417
Niezależnie od lat	–	$y = -13,92 + 0,03x_1 + 2,568x_2 - 0,019x_3$	39,92%	$p_1 = 0,0009$ $p_2 = 0,0005$ $p_3 = 0,0038$

y – plon świeży kolby, x_1 – opady, x_2 – temperatura, x_3 – STE

Tabela 44 przedstawia zależności funkcyjne między plonem świeżej masy całych roślin (y) a średnią sumą opadów atmosferycznych (x_1), średnią temperaturą powietrza (x_2) oraz średnim STE (x_3) w badanym okresie czasu. Analiza danych z 2016 roku wykazała istotną statystycznie dodatnią zależność liniową między plonem świeżej masy całych roślin a średnią temperaturą powietrza, co wskazuje, że wyższa temperatura sprzyjała wzrostowi plonu. Współczynnik determinacji równy 56,38% wskazuje, że temperatura powietrza wyjaśniała ponad 56% zmienności plonu świeżej masy całych roślin, zgodnie z modelem regresji $y = -93,85 + 8,25x_2$. Dodatkowo zaobserwowano istotną ujemną zależność liniową między

plonem świeżej masy całych roślin a sumą opadów atmosferycznych, co sugeruje, że większa suma opadów atmosferycznych przyczyniała się do obniżenia plonu. Współczynnik determinacji wynoszący 55,88% oznacza, że suma opadów atmosferycznych tłumaczyła prawie 56% zmienności plonu świeżej masy całych roślin, zgodnie z równaniem regresji liniowej $y = 262,83 - 0,72x_1$. Podobną zależność odnotowano w 2017 roku, gdzie również wykazano istotną ujemną zależność liniową między plonem świeżej masy całych roślin a sumą opadów atmosferycznych. Współczynnik determinacji równy 76,60% wskazuje, że zmienność opadów atmosferycznych tłumaczyła prawie 77% zmienności plonu świeżej masy całych roślin według odpowiedniego modelu regresji liniowej zamieszczonego w tabeli 44. Ponadto analiza wykazała, że w 2017 roku istotnymi czynnikami wpływającymi na plon świeżej masy całych roślin były temperatura powietrza oraz STE. Współczynnik determinacji wynoszący 90,42% oznacza, że uzyskany model regresji wyjaśniał 90,42% zmienności plonu, co świadczy o jego bardzo wysokim dopasowaniu do danych empirycznych. Analiza danych z lat 2016–2018 wykazała, że temperatura powietrza, suma opadów atmosferycznych oraz wskaźnik STE miały istotny wpływ na plon świeżej masy całych roślin. Współczynnik determinacji $R^2 = 42,87\%$, co oznacza, że uzyskany model regresji wielokrotnej wyjaśniał prawie 43% zmienności plonu w badanym okresie.

Tabela 44. Zależności funkcyjne pomiędzy plonem świeżej masy całych roślin a suma opadów atmosferycznych, temperaturą powietrza oraz STE.

Rok	Współczynnik korelacji r	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2	p
2016	- 0,7475	$y = 262,83 - 0,72x_1$	55,88%	0,0052
	0,7509	$y = -93,85 + 8,25x_2$	56,38%	0,0049
2017	-	$y = -76,92 + 20,12x_2 - 0,16x_3$	90,42%	$p_2 = 0,0000$ $p_3 = 0,0000$
	- 0,7660	$y = 244,01 - 0,53x_1$	76,60%	0,0037
Niezależnie od lat	-	$y = -21,265 + 0,066x_1 + 8,506x_2 - 0,077x_3$	42,87%	$p_1 = 0,0109$ $p_2 = 0,0001$ $p_3 = 0,0002$

y – plon świeży całej rośliny, x_1 – opady, x_2 – temperatura, x_3 – STE

Tabela 45 przedstawia zależności funkcyjne między plonem suchej masy słomy a średnią sumą opadów atmosferycznych (x_1), średnią temperaturą powietrza (x_2) oraz średnią STE (x_3). Analiza danych z 2016 roku wykazała istotną dodatnią korelację liniową między plonem suchej masy słomy a temperaturą powietrza. Oznacza to, że im wyższa temperatura tym większy plon. Współczynnik determinacji równy 69,14% wskazuje, że temperatura powietrza wyjaśniała ponad 69% zmienności plonu, zgodnie z modelem regresji $y = -17,20 + 1,51x_2$. Ponadto odnotowano istotną ujemną korelację liniową między plonem a sumą opadów atmosferycznych, co sugeruje, że większe opady prowadziły do niższego plonu. Współczynnik determinacji wynoszący 74,21% wskazuje, że suma opadów odpowiadała za ponad 74% zmienności plonu suchej masy słomy, zgodnie z równaniem $y = 49,53 - 0,14x_1$. Dane z 2017 roku również wykazały istotną ujemną korelację między plonem suchej masy słomy a sumą opadów atmosferycznych. Współczynnik determinacji równy 51,04% oznacza, że opady w

51,04% miały wpływ na zmienność plonu według odpowiedniego równania regresji liniowej zamieszczonego w tabeli 5. Ponadto, w 2017 roku istotny wpływ na plon suchej masy słomy miały zarówno temperatura powietrza, jak i STE. Współczynnik determinacji wynoszący 73,8% świadczy o tym, że opracowany model regresji wyjaśniał 73,8% zmienności plonu. W roku 2018 model regresji kwadratowej dla sumy opadów atmosferycznych wyjaśniał 57,89% zmienności plonu suchej masy słomy, wskazując na nieliniowy wpływ opadów na plon. W analizie danych z lat 2016–2018 stwierdzono, że temperatura powietrza i STE miały istotny wpływ na plon suchej masy słomy. Współczynnik determinacji $R^2 = 40,71\%$, co oznacza, że uzyskany model regresji wielokrotnej wyjaśniał 40,71% zmienności plonu suchej masy słomy w badanym okresie czasu.

Tabela 45. Zależności funkcyjne pomiędzy plonem suchej masy słomy a sumą opadów atmosferycznych, temperaturą powietrza oraz STE.

Rok	Współczynnik korelacji r	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2	p
2016	- 0,8615	$y = 49,53 - 0,14x_1$	74,21%	0,0003
	0,8315	$y = -17,20 + 1,51x_2$	69,14%	0,0008
2017	-	$y = -8,227 + 3,236x_2 - 0,029x_3$	73,80%	$p_2 = 0,0019$ $p_3 = 0,0007$
	- 0,7144	$y = 43,503 - 0,095x_1$	51,04%	0,0090
2018		$y = -618,95 + 67,11x_2 - 1,79x_2^2$	57,89%	0,0086
Niezależnie od lat	-	$y = 1,85 + 1,244x_2 - 0,011x_3$	40,71%	$p_2 = 0,0000$ $p_3 = 0,0011$

y – plon świeży słomy, x_1 – opady, x_2 – temperatura, x_3 – STE

Tabela 46 przedstawia zależności funkcyjne między plonem suchej masy kolb (y) a średnią sumą opadów atmosferycznych w badanym okresie (x_1), średnią temperaturą powietrza (x_2) oraz średnim STE (x_3). Analiza danych w roku 2016 wykazała, że plon suchej masy kolb był ujemnie skorelowany z opadami, co oznacza, że wzrost opadów prowadził do spadku plonu. Model regresji liniowej wyjaśniał 55,58% zmienności plonu. Stwierdzono również istotną dodatnią zależność liniową między plonem suchej masy kolb a temperaturą powietrza, co sugeruje, że wyższa temperatura sprzyjała zwiększeniu plonów. Wartość współczynnika determinacji wynosząca 55,73% wskazuje, że temperatura wyjaśniała prawie 56% zmienności plonu suchej masy kolb w ramach zastosowanego modelu regresji liniowej. W roku 2017 analiza danych wykazała, że istotnymi czynnikami kształtującymi plon suchej masy kolb były temperatura powietrza i STE. Stopień dopasowania modelu regresji wielokrotnej do danych był równy 68,86%. Natomiast w 2018 roku stwierdzono nieliniową zależność drugiego stopnia między plonem suchej masy kolb a sumą opadów atmosferycznych oraz między plonem suchej masy kolb a STE na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Analiza danych z lat 2016–2018 potwierdziła, że średnia temperatura powietrza, temperatura, suma opadów atmosferycznych i STE miały istotny wpływ na plon suchej masy kolb. Współczynnik determinacji równy 34,19% wskazuje, że wyznaczony model regresji wielokrotnej wyjaśniał 34,19% zmienności plonu w badanym okresie.

Tabela 46. Zależności funkcyjne pomiędzy plonem suchej masy kolb a suma opadów atmosferycznych, temperaturą powietrza oraz STE.

Rok	Współczynnik korelacji r	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2	p
2016	- 0,7455	$y = 64,80 - 0,18x_1$	55,58%	0,0054
	0,7465	$y = -25,11 + 2,08x_2$	55,73%	0,0053
2017	–	$y = -32,054 + 4,58x_2 - 0,027x_3$	68,86%	$p_2 = 0,0016$ $p_3 = 0,0082$
2018	–	$y = -214,289 + 3,526x_1 - 0,014x_1^2$	54,69%	0,0139
	–	$y = -356,3255 + 0,5368x_3 - 0,0002x_3^2$	41,31%	0,0344
Niezależnie od lat	–	$y = -19,843 + 0,023x_1 + 2,218x_2 - 0,012x_3$	34,19%	$p_1 = 0,0028$ $p_2 = 0,0004$ $p_3 = 0,0252$

y – plon świeży słomy, x_1 – opady, x_2 – temperatura, x_3 – STE

Tabela 47 przedstawia zależności funkcyjne między plonem suchej masy całych roślin (y) a średnią sumą opadów atmosferycznych (x_1), średnią temperaturą powietrza (x_2) oraz średnią STE (x_3). Analiza danych z 2016 roku wykazała istotną statystycznie dodatnią korelację liniową między plonem suchej masy całych roślin a temperaturą powietrza. Oznacza to, że im wyższa temperatura tym większy plon. Współczynnik determinacji wynoszący 61,90% wskazuje, że temperatura powietrza wyjaśniała prawie 62% zmienności plonu zgodnie z modelem regresji $y = -42,31 + 3,58x_2$. Zaobserwowano również istotną ujemną korelację liniową między plonem suchej masy całych roślin a sumą opadów atmosferycznych, co sugeruje, że większa ilość opadów prowadziła do spadku plonu. Współczynnik determinacji równy 63,69% oznacza, że suma opadów wyjaśniała niemal 64% zmienności plonu suchego

całych roślin, zgodnie z równaniem regresji liniowej $y = 114,33 - 0,32x_1$. Podobną zależność zaobserwowano w 2017 roku, gdzie również stwierdzono istotną ujemną korelację między plonem suchej masy całych roślin a sumą opadów atmosferycznych. Współczynnik determinacji wynoszący 33,70% wskazuje, że zmienność opadów wyjaśniała 33,70% zmienności plonu zgodnie z równaniem regresji liniowej $y = 78,74 - 0,17x_1$. Dodatkowo analiza wykazała, że w 2017 roku istotnymi czynnikami kształtującymi plon suchej masy całych roślin były temperatura powietrza oraz STE. Współczynnik determinacji o wartości 71,57% oznacza, że opracowany model regresji wielokrotnej wyjaśniał 71,57% zmienności plonu według odpowiedniego równania zamieszczonego w Tabeli 7. Natomiast w 2018 roku stwierdzono nieliniową zależność drugiego stopnia między plonem suchej masy całych roślin a STE na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Stopień dopasowania modelu regresji nieliniowej do danych wynosi 38,21%. Analiza danych obejmująca lata 2016–2018 wykazała, że temperatura powietrza, suma opadów oraz STE miały istotny wpływ na plon suchy całych roślin. Współczynnik determinacji $R^2 = 38,93\%$ wskazuje, że wyznaczony model regresji wielokrotnej wyjaśniał niemal 39% zmienności plonu w badanym okresie.

Tabela 47. Zależności funkcyjne pomiędzy plonem suchej masy całych roślin a sumą opadów atmosferycznych, temperaturą oraz STE.

Rok	Współczynnik korelacji r	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2	p
2016	- 0,7981	$y = 114,33 - 0,32x_1$	63,69%	0,0019
	0,7868	$y = -42,31 + 3,58x_2$	61,90%	0,0024
2017	-	$y = -40,281 + 7,816x_2 - 0,056x_3$	71,57%	$p_2 = 0,0012$ $p_3 = 0,0020$
	- 0,5805	$y = 78,74 - 0,17x_1$	33,70%	0,0478
2018		$y = -445,23 + 0,67736x_3 - 0,00025x_3^2$	38,21%	0,0427
Niezależnie od lat	-	$y = -23,779 + 0,028x_1 + 3,742x_2 - 0,024x_3$	38,93%	$p_1 = 0,0111$ $p_2 = 0,0001$ $p_3 = 0,0040$

y – plon świeży słomy, x_1 – opady, x_2 – temperatura, x_3 – STE

Tabela 48 przedstawia zależności funkcyjne między produkcją mleka (y) a średnią sumą opadów atmosferycznych (x_1), średnią temperaturą powietrza (x_2) oraz średnim STE (x_3) w badanym okresie czasu. Analiza danych z 2016 roku wykazała istotną dodatnią korelację liniową między produkcją mleka a temperaturą powietrza, co oznacza, że wzrost temperatury sprzyjał wyższej produkcji mleka. Współczynnik determinacji równy 56,76% wskazuje, że zmienność temperatury powietrza wyjaśniała prawie 57% zmienności zawartości produkcji mleka, zgodnie z modelem regresji $y = -68928,22 + 5882,38x_2$. Stwierdzono także istotną ujemną korelację liniową między produkcją mleka a sumą opadów atmosferycznych, co sugeruje, że większa suma opadów atmosferycznych prowadziła do jego spadku. Współczynnik determinacji wynoszący 61,18% oznacza, że suma opadów wyjaśniała ponad 61% zmienności

produkcji mleka zgodnie z równaniem regresji liniowej $y = 192125,02 - 534,79x_1$. Podobną zależność zaobserwowano w 2017 roku, stwierdzono również istotną ujemną korelację liniową między produkcją mleka a sumą opadów atmosferycznych. Współczynnik determinacji wynoszący 35,08% wskazuje, że opady odpowiadały za 35,08% zmienności zawartości mleka zgodnie z odpowiednim równaniem przedstawionym w tabeli 48. Dodatkowo, wyniki analizy dla 2017 roku potwierdziły, że istotny wpływ na produkcję mleka miały temperatura powietrza oraz STE. Współczynnik determinacji wynoszący 69,74% wskazuje, że wyznaczony model regresji wyjaśniał prawie 70% zmienności zawartości mleka. Natomiast w 2018 roku stwierdzono nieliniową zależność drugiego stopnia między produkcją mleka a STE na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W analizie danych z lat 2016–2018 stwierdzono, że temperatura powietrza, ilość opadów atmosferycznych oraz STE miały istotny wpływ na produkcję mleka. Współczynnik determinacji $R^2 = 36,29\%$, co oznacza, że uzyskany model regresji wielokrotnej wyjaśniał ponad 36% zmienności produkcji mleka w badanym okresie czasu.

Tabela 48. Zależności funkcyjne pomiędzy produkcją mleka a sumą opadów atmosferycznych, temperaturą powietrza oraz STE.

Rok	Współczynnik korelacji r	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2	p
2016	- 0,7821	$y = 192125,02 - 534,79x_1$	61,18%	0,0026
	0,7534	$y = -68928,22 + 5882,38x_2$	56,76%	0,0047
2017	–	$y = -64019,35 + 12965,55x_2 - 95,36x_3$	69,74%	$p_2 = 0,0017$ $p_3 = 0,0024$
	- 0,5923	$y = 135174 - 287,14x_1$	35,08%	0,0424
2018	–	$y = -751303,26 + 1141,15x_3 - 0,42x_3^2$	43,86%	0,0264
Niezależnie od lat	–	$y = -36426,32 + 48,68x_1 + 6073,08x_2 - 41,01x_3$	36,29%	$p_1 = 0,0114$ $p_2 = 0,0002$ $p_3 = 0,0047$

y – plon świeży całej rośliny, x_1 – opady, x_2 – temperatura, x_3 – STE

Zbiór roślin w optymalnej fazie wegetacji jest okresem, kiedy w roślinach koncentracja składników pokarmowych jest wysoka, a zawartość cukrów rozpuszczalnych w wodzie osiąga poziom maksymalny, co pozwala bakteriom kwasu mlekowego na przeprowadzenie właściwej fermentacji. Przydatność kukurydzy do kiszenia ocenia się na podstawie ziarna. Ziarno ze środkowej części kolby powinno mieć dojrzałość mleczno-woskową lub szklistą, linia mleczna powinna przebiegać w połowie do 2/3 od podstawy ziarniaka (Mohd-Setapar i in. 2012). Każdy dzień opóźnienia zbioru powoduje nie tylko straty składników pokarmowych oraz obniżenie strawności, a także wpływa na wolniejsze obniżenie pH zakiszanej masy, przez co przyczynia się do rozwoju mikroorganizmów niepożądanych. W badaniach własnych dla każdego z badanych terminów siewu kukurydzy zbioru dokonano wtedy, kiedy u nasady ziarniaków ze środkowej części kolby pojawiła się czarna plamka. Zawartość suchej masy jest jednym z głównych czynników warunkujących prawidłowy przebieg procesu kiszenia oraz dobrą jakość kiszonki. Sucha masa zakiszanego materiału powinna wynosić od 30 do 45%, zapewnia to wysoką koncentrację cukrów i optymalne warunki do produkcji kwasu mlekowego. Koszenie połączone ze zbiorem, a następnie zakiszaniem jest charakterystyczne dla kiszonki z kukurydzy. Kiszonki sporządzone z zielonek o optymalnej zawartości suchej masy mają wyższą wartość pokarmową i są chętniej pobierane przez zwierzęta. (Muck i Kung 2007; Nowak 2000; Radkowski i Radkowska 2014). Zawartość suchej masy zakiszane materiału powyżej 50% jest zjawiskiem niekorzystnym, ponieważ powstaje problem wysokiej sprężystości masy i trudności w usunięciu powietrza. Nadmierne podsuszenie hamuje rozwój bakterii kwasu mlekowego, co w konsekwencji uniemożliwia obniżenie pH do pożądanego poziomu. Kiszonki o wysokiej zawartości suchej masy charakteryzują się wyższym pH oraz niższą zawartością kwasu octowego i propionowego oraz słabą stabilnością tlenową. W takich kiszonkach rozwijają się niepożądane mikroorganizmy z rodzaju *Bacillus*, *Salmonella*, *Listeria* oraz grzyby drożdżoidalne i pleśnie (Purwin i in. 2006). Zakiszanie roślin przy niskiej zawartości suchej masy (poniżej 25%) jest również niepożądane, ponieważ występuje wyciekanie soków kiszonych, które są bogate w składniki pokarmowe, a w szczególności cukry proste niezbędne dla rozwoju bakterii kwasu mlekowego (Pahlow i in. 2003). Przy niskiej zawartości suchej masy w zakiszanej masie powstają sprzyjające warunki dla rozwoju bakterii z rodzaju *Clostridium*. Klostridia sacharolityczne prowadzą fermentację masłową, natomiast proteolityczne rozkładają białka i związki azotowe do amoniaku oraz biogennych amin. Taka kiszonka charakteryzuje się nieprzyjemnym zapachem, wysoką zawartością kwasu octowego (3-4% suchej masy), obecnością kwasu masłowego i jest niechętnie pobierana przez zwierzęta (Pahlow i in. 2003; Purwin i in. 2006).

Straty suchej masy w wyniku procesów fermentacyjnych w paszy zależą głównie od rodzaju mikroorganizmów rozwijających się w masie roślinnej i dostępności poszczególnych substratów do przeprowadzenia prawidłowego procesu zakiszania. Należy pamiętać, że niektóre produkty fermentacji charakteryzują się wyższą wartością energetyczną w porównaniu do substratów, co skutkuje znacznie większymi stratami suchej masy niż energii brutto (Rastogi i in. 2013). Jak podaje Wróbel i in. (2023) straty powodowane przez bakterie kwasu mlekowego są zależne od grupy bakterii przeprowadzającej określony typ fermentacji. Bakterie homofermentacji mlekowej w warunkach beztlenowych syntetyzują głównie kwas mlekowy z glukozy lub fruktozy. Proces ten odbywa się bez utraty suchej masy, ponieważ nie ma produktów gazowych, a strata energii brutto wynosi tylko 0,7%. Natomiast fermentacja glukozy przez bakterie heterofermentacji mlekowej powoduje utratę 24% suchej masy., a strata energii brutto wynosi tylko 1.7%. Heterofermentacji towarzyszą stosunkowo duże straty suchej masy, które wynoszą 24%, ponieważ z jednego mola kwasu mlekowego powstaje 0,52 mola CO₂ (Danner i in. 2003). Jak podaje Irawan i in. (2021) przedział strat suchej masy w kiszonkach z całych roślin kukurydzy wahał się od 22,2 do 27,4%.

Straty w koncentracji suchej masy powodowane przez bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae* ukierunkowane są głównie na konkutowaniu z bakteriami mlekowymi o cukry proste, a także są one zdolne do rozkładu białek. Powstający amoniak zwiększa buforowość kiszonek i nie pozwala na szybkie obniżenie pH. W wyniku fermentacji glukozy przez *Escherichia coli* powstają dwa mole kwasu mlekowego, jeden mol kwasu octowego i dwa mole CO₂. Do większych strat suchej masy w kiszonkach może prowadzić fermentacja prowadzona przez innego przedstawiciela tej rodziny, bakterii z rodzaju *Klebsiella*. Z dwóch moli glukozy powstaje tylko jeden mol kwasu mlekowego, a ubytek masy jest 1,5 razy większy niż ubytki wynikające z fermentacji glukozy przez *E. coli* (Rooke i in. 2015).

W przypadku bakterii należących do rodzaju *Clostridium* zdolne są one do rozkładu takich substancji jak: węglowodany, białka, aminokwasy, amidy, kwas mlekowy wykorzystując je jako źródło energii. Produktami ich fermentacji są zwykle: kwas masłowy, kwas octowy, NH₃, CO₂, H₂. Wytwarzany kwas masłowy jest słabszy od kwasu mlekowego, a jego obecność w kiszonce podnosi jej pH. Ponadto z dwóch moli kwasu mlekowego powstaje tylko jeden mol kwasu masłowego. Tak więc straty zakonserwowanego materiału występują z powodu pojawiania się gazowych produktów fermentacji. Stanowią 51,1% dla fermentacji glukozy i kwasu mlekowego do kwasu masłowego, CO₂ i H₂ (Wróbel i in. 2023). Z tego względu, że straty suchej masy w kiszonkach wynikające z działalności bakterii z rodzaju

Clostridium są bardzo wysokie należy zmierzać do obniżenia liczebności tych bakterii (Abeni i in. 2021).

W warunkach beztlenowych wiele gatunków drożdży fermentuje cukry, takie jak glukoza, maltoza i sacharoza, których produktami są etanol i CO₂, a w niewielkich ilościach powstają inne metabolity, np. kwasy: masłowy, propionowy i octowy (Santos i in. 2017). Przemiany glukozy i kwasu mlekowego do etanolu i CO₂ mogą powodować ubytek suchej masy (49%) i wzrost pH zakiszanej paszy (Pahlow i in. 2003).

Borreani i in. (2018) wykazali związek między stratami suchej masy a liczebnością pleśni w kiszonce. Gdy poziom pleśni w kiszonce był większy niż 5 log₁₀ jtk/g (pleśń stała się widoczna na kiszonce), straty suchej masy były większe niż 20%. Gdy liczba pleśni przekroczyła 6,0 log₁₀ jtk/g kiszonki, straty mogły przekroczyć 40% pierwotnie zakiszonej suchej masy. Ponadto, gdy liczba pleśni wzrosła do ponad 5,0 log₁₀ jtk/g kiszonki, nastąpiły istotne zmiany w jakości pokarmowej, przy czym zawartość skrobi zaczęła się zmniejszać i spadała poniżej 10% s.m., gdy liczba pleśni była wyższa niż 7,0 log₁₀ jtk/g kiszonki. W miarę dojrzewania kiszonek radykalnie zmienia się ich skład chemiczny i mikrobiologiczny, dlatego pasze zakiszane z zielonek o różnym składzie chemicznym mogą różnić się pod względem jakości procesów fermentacyjnych (Gusmão i in. 2021). Podstawowe błędy podczas przygotowania kiszonki mogą być związane ze złym terminem zbioru (Cai i in. 2020; Guo i in. 2021), fazą rozwojową roślin, cyklem dobowym (Kerwin i in. 2011), co może mieć wpływ na zmniejszenie tempa zakwaszania masy roślinnej, zwiększenie strat suchej masy i energii.

Mikrobiom zakiszanych zielonek jest odzwierciedleniem mikrobiomu gleby, z której zostały pozyskane. Ta z kolei zależy od rejonu geograficznego, jakości gleby, nawożenia, zwierząt występujących na danym terenie (owady, gryzonie, ptaki) czy warunków klimatycznych. Mikrobiom fylosfery roślin także wykazuje znaczne zmiany ilościowe i jakościowe w zależności od terminu zbioru zielonki na kiszonkę (Rastogi i in. 2011). Konieczne jest stałe badanie zbiorowisk mikroorganizmów występujących na roślinach jak i tych aktywnych podczas zakiszania w celu uzyskania kiszonek wysokiej jakości (Yang et al., 2022). Na roślinach przeznaczonych do zakiszania występują bakterie tlenowe, bakterie beztlenowe i grzyby mające bezpośredni wpływ na jakość otrzymanej kiszonki (Pahlow i in. 2003). Prawidłowe przygotowanie kiszonki powinno stymulować rozwój bakterii fermentacji mlekowej, ograniczać straty cukrów i innych składników pokarmowych (Purwin i in. 2006). Drouin i in. (2019) zauważyli, że społeczności bakterii wprowadzane wraz z masą roślinną do zbiorników mogą znacznie się różnić także pod względem liczebności w zależności od terminu zbioru roślin. W analizowanych próbkach kiszonek rok 2017 i 2018 charakteryzowały się

wyższą zawartością suchej masy w słomie i kolbach kukurydzy w terminach A1-A3, co mogło mieć wpływ na wyższe liczebności bakterii fermentacji mlekowej, niższe liczebności oznaczono w terminach A5-A6. Jak podaje da Silva i in. (2022) większość bakterii fermentacji mlekowej trafiających do przyzmy nie jest osmotolerancyjnych. Z drugiej strony należy pamiętać, że liczebność bakterii fermentacji mlekowej może się obniżać radykalnie wraz z opóźnieniem zbioru (w cyklu dobowym), co może być związane ilością promieniowania UV (Dong i in. 2022). Ogólna liczebność bakterii mlekowych w badaniach własnych kształtowała się na poziomie 10^4 - 10^8 jtk/g kiszonki co jest zbieżne z wynikami jakie uzyskał w kiszonkach z kukurydzy Selwet (2020) na poziomie 10^6 jtk/g oraz Selwet i in. (2008) – 10^8 jtk/g kiszonki. Jednak z drugiej strony niska zawartość suchej masy może sprzyjać rozwojowi beztlenowych bakterii z rodzaju *Clostridium* prowadzących fermentację masłową (Carvalho-Estrada i in. 2020). *Clostridium* sp. można podzielić na dwie podstawowe grupy powodujące straty składników pokarmowych w kiszonkach: sacharolityczne prowadzące fermentację masłową *Cl. butyricum*, *Cl. parabutyricum*, *Cl. tyrobutyricum*, *Cl. scatol* i proteolityczne powodujące rozkład białek *Cl. sporogenes*, *Cl. perfringens*, *Cl. botulinum* (Seglar 1997). Rozkład kwasu mlekowego do kwasu masłowego jest jedną z najbardziej energochłonnych reakcji, w której następuje utrata około 50% suchej masy kiszonki (McDonald i in. 1991). Analiza próbek kiszonek w latach 2017 i 2018 wykazała wzrost liczebności bakterii z rodzaju *Clostridium* w terminach A3-A6. Nie odnotowano jednak w tych terminach obniżenie poziomu koncentracji białka i wzrostu koncentracji N-NH₃ oraz kwasu masłowego. Niski stopień degradacji białek i niska koncentracja azotu amoniakalnego mogą być skutkiem gwałtownego spadku pH i zahamowaniu fermentacji prowadzonej przez *Clostridium* (Li i in. 2020). Ogólna liczebność bakterii z rodzaju *Clostridium* w badaniach własnych kształtowała się na poziomie 10^2 – 10^7 jtk/g kiszonki co jest zbieżne z wynikami jakie uzyskał w kiszonkach z kukurydzy Selwet i in. (2008) – 10^2 jtk/g kiszonki.

Bakterie z rodzaju *Bacillus* są zdolne do fermentacji cukrów i syntezy kwasów organicznych w kiszonkach oraz mogą inicjować proces psucia kiszonki poddanej ekspozycji na tlen i są patogenami np. *Bacillus cereus* (Leclerc i in. 2002; Kukier i in. 2014). W latach 2017 i 2018 najniższe liczebności bakterii z rodzaju *Bacillus* odnotowano w terminach A1-A3. Jednocześnie w tych terminach były oznaczone najwyższe liczebności bakterii fermentacji mlekowej, co mogło być powiązane z produkcją kwasu mlekowego i octowego w takich ilościach, żeby ograniczyć rozwój tych bakterii. Według Liu i in. (2016) szybkie zakwaszenie kiszonki zależy od produkcji kwasu mlekowego, co jest konieczne, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się wcześniej niepożądanych mikroorganizmów i utraty składników

odżywczych. W badaniach własnych najwyższe liczebności bakterii z rodzaju *Bacillus* odnotowano dla terminów późniejszych A4-A6. Według Dong i in. (2022) opóźnienie zbioru roślin sorgo spowodowało wzrost liczebności tych bakterii w kiszonkach. Jednocześnie (Oude Elferink i in. 2000) twierdzi, że liczba endospor tych bakterii w kiszonkach z kukurydzy waha się w zakresie 10^2 - 10^6 jtk/g i jest znacznie niższa w głębszych warstwach silosu, tej teorii nie potwierdzają wyniki badań własnych, w których bez względu na głębokość poboru próbek liczebność tych bakterii oznaczono na poziomie 10^2 - 10^8 jtk/g kiszonki. Zbyt wysoka zawartość suchej masy powyżej 50% zwiększa ryzyko porażenia grzybami w tym toksynotwórczymi. Ważnym elementem jakości kiszonek jest ich stabilność tlenowa, czyli oporność na rozkład tlenowy. Bezpośrednią przyczyną niestabilności tlenowej kiszonek jest rozwój drożdży i pleśni. Aktywność pleśni i drożdży w zakiszczanym surowcu roślinnym jest wynikiem nadmiernego jego podsuszenia (Purwin i in. 2012). Jednak da Silva i in. (2022) odnotowali w kiszonkach z kukurydzy o niskiej zawartości suchej masy wyższe liczebności tych grzybów. Co mogło być, jak tłumaczą autorzy wyższą wilgotnością i zawartością cukrów rozpuszczalnych w wodzie. Muc (2013) w kiszonkach z całych roślin kukurydzy o zróżnicowanej zawartości suchej masy zauważył nieznaczne różnice w liczebności drożdży i wynosiły one 10^6 jtk/g (69,2% s.m.) oraz 10^5 jtk/g (34,7% s.m.). Wyniki badań własnych wskazują na niską i zróżnicowaną w poszczególnych terminach liczebność drożdży i grzybów drożdżopodobnych (10^3 jtk/g). Rozwój tych grzybów mógł być uwarunkowany konkurencją o substraty do fermentacji z bakteriami mlekowymi i *Enterobacteriaceae* (Kung i in. 2018). Warunki beztlenowe, niskie pH oraz zawartość kwasów octowego i propionowego stwarzają niekorzystne środowisko dla rozwoju drożdży. Niezdysocjowane cząstki kwasów łatwiej dostają się do komórek drożdży i w wyniku uwolnienia H^+ zakwaszają ich komórki prowadząc do ich śmierci (Wróbel i in. 2023). Rozkład tlenowy w kiszonkach rozpoczyna się już w pierwszej dobie zakiszania i jest ściśle związany ze stopniem zagęszczenia surowca oraz z długością okresu pomiędzy uformowaniem beli lub pryzmy a ich zabezpieczeniem (Weinberg i Ashbell 2003). Procesy tlenowe w czasie przechowywania kiszonki wynikają ze wzmożonej infiltracji tlenowej oraz związane są z rozwojem pleśni na powierzchni (O'Brien, 2005). Ogólna liczebność grzybów pleśniowych w badaniach własnych kształtowała się na poziomie 10^4 – 10^7 jtk/g kiszonki co jest zbieżne z wynikami jakie uzyskał w kiszonkach z kukurydzy Selwet (2020) na poziomie 10^5 jtk/g lecz są to wartości wyższe od uzyskanych przez Selwet i in. (2008) – 10^2 jtk/g kiszonki. Ocena mikrobiologiczna uwzględnia także stopień występowania bakterii należących do *Enterobacteriaceae* (*Escherichia coli* i *Salmonella*) potencjalnie patogennych (Wilkinson 1999). Generalnie w dobrze przygotowanych kiszonkach liczebności bakterii z rodziny

Enterobacteriaceae oznaczane są na bardzo niskim poziomie często na granicy wykrywalności (Guo i in. 2021), co potwierdzają wyniki badań własnych w terminach A1-A3 szczególnie dla roku 2018. Dodatkowo niskie wartości pH badanych kiszonek mogły wpływać na ograniczenie liczebności tych bakterii, szczególnie w początkowych fazach zakiszania (Phalow i in. 2003). Ogólna liczebność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w badaniach własnych kształtowała się na poziomie 10^2 jtk/g kiszonki, wyższe liczebności tych bakterii w kiszonkach z kukurydzy oznaczył Selwet (2008) – 10^5 jtk/g kiszonki.

W pracy przeprowadzono badania dotyczące zależności liniowej pomiędzy zawartością skrobi w kiszonce (cecha Y) a liczbą pleśni w próbce kiszonki (cecha X). Analiza wszystkich zebranych obserwacji z lat 2017-2018 wykazała, że istnieje zależność liniowa ujemna między badanymi cechami. Zatem im większa była liczba pleśni tym mniejsza była zawartość skrobi w kiszonce. Współczynnik determinacji R^2 równy 38,54% oznacza, że zmienność zawartości skrobi w kiszonce została wyjaśniona w ponad 38% zmiennością liczby pleśni w kiszonce według stosownego równania regresji liniowej zamieszczonego w tabeli 49.

Analiza danych uzyskanych we wszystkich badanych latach dla głębokości A wykazała, że istnieje również ujemna zależność liniowa między zawartością skrobi w kiszonce a liczbą pleśni. Współczynnik determinacji R^2 równy 36,70% oznacza, że zmienność liczby pleśni w kiszonce w ponad 36% miała wpływ na zmienność zawartości skrobi w kiszonce zgodnie z równaniem regresji przedstawionym w tabeli 49. Ponadto wykazano, że istnieje zależność liniowa ujemna między badanymi cechami dla obserwacji uzyskanych w roku 2018 dla głębokości A. Wartość współczynnika determinacji ($R^2 = 74,21\%$) oznacza, że w ponad 74% wyznaczona funkcja regresji liniowej jest dopasowana do danych. Około 26% informacji o zmienności cechy Y (zawartości skrobi w kiszonce) nie zostało wyjaśnione zmiennością cechy X (liczbą pleśni w kiszonce).

Tabela 49. Zależności liniowe między zawartością skrobi w kiszonce a liczbą pleśni w próbce kiszonki

Współczynnik korelacji r	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2	p
Niezależnie od lat i głębokości pobierania próbki kiszonki			
- 0,6208	$y = 38,6779 - 5,3010 \cdot 10^{-8}x$	38,54%	0,0312
Dla głębokości A pobierania próbki kiszonki i niezależnie od lat			
- 0,6058	$y = 38,4503 - 3,9252 \cdot 10^{-8}x$	36,70%	0,0368
Dla głębokości A pobierania próbki kiszonki w roku 2018			
- 0,8615	$y = 38,4956 - 7,6872 \cdot 10^{-8}x$	74,21%	0,0275

x – liczba pleśni w próbce kiszonki, y – zawartość skrobi

Kiszonki z traw i roślin bobowatych lub z ich mieszanek nie zawierają skrobi, a cukru mają niewiele. Natomiast w kiszonkach z GPS i kukurydzy jest skrobi na poziomie od około 30 do prawie 70% suchej masy. Na jakość procesu fermentacji wskazuje zawartość resztek cukru, który nie został rozłożony do kwasu mlekowego podczas fermentacji. Jego ilość powinna wynosić poniżej 10% w suchej masie kiszonki. Duża zawartość cukru i skrobi sprzyja rozwojowi drożdży i pleśni i wskazuje na małą odporność kiszonki na zagrzewanie się w trakcie wybierania i skarmiania. Im jest ich mniej, tym kiszonka jest bardziej stabilna po otwarciu stosu kiszonkowego (Dorszewski 2009). Ważnym źródłem energii dla zwierząt przeżuwających jest skrobia pochodząca z kolb, jej poziom, rozkład żwaczowy i strawność w jelicie cienkim. W odpowiednio przygotowanych kiszonkach poziom skrobi powinien przekraczać 30 % w 1 kg suchej masy paszy (Kuśnierek 2014). Więcej skrobi zawierają rośliny zbierane w późniejszym okresie zbioru o wyższej zawartości suchej masy (Łozicki i in. 2008). Graniczną liczebnością grzybów pleśniowych w kiszonkach o dobrej wartości higienicznej to 4 log CFU g⁻¹ kiszonki (Alonso i in. 2013). Psucie kiszonek przez grzyby wiąże się ze stratami składników odżywczych i suchej masy, obniżeniem smakowitości, produkcją mykotoksyn i zmniejszonym spożyciem paszy. (Rodríguez-Blanco et al., 2021). Duże różnice w jakości kiszonki i stratach

suchej masy mogą nie być odzwierciedlone w znaczących różnicach w wartości energetycznej brutto. Dlatego jednym z głównych celów zakiszania jest zmniejszenie strat suchej masy podczas procesu konserwacji. W ostatnich latach w wielu krajach przeprowadzono liczne badania mające na celu zmniejszenie tych strat. Podstawą jest rozpoznanie interakcji między grupami mikroorganizmów rosnących w zakiszonym materiale. Na tej podstawie opracowano pewne dobre praktyki zarządzania kiszonką w celu zapobiegania lub przynajmniej minimalizowania strat w paszy (Wróbel i in. 2023). Pleśnie mogą być obecne w kiszonce na wszystkich etapach fermentacji. Pleśnie hydrolizują węglowodany, białka i kwasy organiczne, obniżając kwasowość kiszonki (Wambacq i in. 2016). Dlatego, podczas zakiszania pleśnie często występują w słabo zagęszczonych obszarach, takich jak górna warstwa boki silosów, gdzie ekspozycja na powietrze jest największa (Ogunade i in. 2018). W badaniach nad kiszonkami z kukurydzy prowadzonymi przez Borreani i Tabacco (2014) ogólna liczebność grzybów pleśniowych była ujemnie skorelowana z zawartością skrobi. Zawartość skrobi w kiszonce zaczęła się obniżać, gdy liczebność pleśni wzrosła w kiszonce do $>5 \log_{10}$ jtk/g kiszonki i obniżyła się poniżej 10% s.m., gdy liczba pleśni wynosiła $>7 \log_{10}$ jtk/g kiszonki.

7. WNIOSKI

1. Optymalnym terminem siewu kukurydzy odmiany Pyroxenia w badaniach własnych był termin koniec kwietnia i początek maja. Zasianie tej odmiany w terminach późniejszych skutkowało redukcją plonu świeżej i suchej masy kukurydzy przy jednoczesnym pogorszeniu parametrów jakościowych zielonki.
2. W roku 2016 dla siedmiu badanych cech stwierdzono dodatnią zależność liniową z temperaturą powietrza oraz ujemną zależność liniową z sumą opadów atmosferycznych. A zatem wyższa temperatura sprzyjała wzrostowi analizowanych cech, natomiast większa ilość opadów miała na nie negatywny wpływ. Oznacza to, że warunki cieplejsze były bardziej korzystne dla rozwoju roślin, podczas gdy nadmiar opadów mógł ograniczać ich wzrost.
3. Z kolei w roku 2017 tylko dla plonu suchego kolb nie wykazano istotnej ujemnej korelacji z sumą opadów atmosferycznych. Dla pozostałych sześciu badanych cech ta zależność była istotna.
4. 3. W przeciwieństwie do wcześniejszych lat, w 2018 roku wykazano istotne nieliniowe zależności drugiego stopnia.
5. 4. Analiza danych obejmująca lata 2016–2018 wykazała, że temperatura powietrza oraz STE miały istotny wpływ na plon świeży słomy oraz na plon suchy słomy. Z kolei dla pięciu pozostałych badanych cech temperatura powietrza, suma opadów oraz STE miały istotny wpływ.
6. Opóźnienie terminu siewu kukurydzy powodowało wzrost liczebności w kiszonkach bakterii z rodzaju *Clostridium*, które są odpowiedzialne za wzrost strat suchej masy, w tym skrobi. W badanych kiszonkach nie oznaczono występowania kwasu masłowego jako produktu końcowego fermentacji masłowej.
7. Niska liczebność bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w badanych świadczyła o dobrze przygotowanych kiszonkach.
8. Kiszonki przygotowane z kukurydzy pochodzącej z późniejszego siewu cechowały się wyższą liczebnością niepożądanych grzybów pleśniowych, które są odpowiedzialne za straty suchej masy, w tym skrobi. Współczynnik determinacji wykazał, że zmienność zawartości skrobi w kiszonce została wyjaśniona w ponad 38% zmiennością pleśni w kiszonce.
9. Wszystkie kiszonki niezależnie od terminu siewu kukurydzy uzyskały według skali Fliega-Zimmera ocenę bardzo dobrą.

-
10. Jednostkowa produktywność azotu ($PFPF_N$) zmniejszała się wraz z opóźnianiem terminu siewu kukurydzy. Średnio dla terminów siewu kukurydzy w czerwcu, w stosunku do terminów kwietniowych wartość tej cechy była niższa odpowiednio o: dla plonu suchej masy słomy o 38,8%, dla plonu suchej masy kolb o 54,5%, dla plonu suchej masy całych roślin o 46,3%.

8. WYKAZ LITERATURY

1. **Abeni F., Marino R., Petrera F., Segati G., Galli A., Carminati D., (2021).** Farm silage facilities and their management for the prevention of anaerobic bacteria spore contamination in raw milk. *Dairy*. 2, 500–514.
2. **Adamczyk J., (2001).** Rola nowych mieszańców w podnoszeniu efektywności różnych kierunków użytkowania kukurydzy. W: *Kukurydza rośliną przyszłości. Poradnik dla producentów*, Biznes-Press. Warszawa, 7–9.
3. **Alonso V.A., Pereyra C.M., Keller L.A.M., Dalcero A.M., Rosa C.A.R., Chiacchiera S.M., Cavaglieri L.R., (2013).** Fungi and mycotoxins in silage: an overview. *J Appl Microbiol*. 115, 637–643.
4. **Amon Th., Kryvoruchko V., Amon B., Bodrioza V., Zollitsch W., Boxberger J., (2006).** Biogaserzeugung aus Energiemais. *Landtechnik*, 61, 2, 86–87.
5. **Anderson R., Christie P., (2005).** Effect of long-term application of animal slurries to grassland on silage quality assessed in laboratory silos. *J. Sci. Food and Agricul.*, 67: 205-213.
6. **Avila C.L.S., Carvalho B.F., (2019).** Silage fermentation - updates focusing on the performance of microorganisms. *Journal of Applied Microbiology*. 128, 966—984. doi:10.1111/jam.14450
7. **Bocianowski J., Szulc P., Waśkiewicz A., Nowosad K., Kobus-Cisowska J., (2019).** Ergosterol and Fusarium mycotoxins content in two maize cultivars under different forms of nitrogen fertilizers. *Journal of Phytopathology*. 167:516-526. DOI:10.1111/jph.12842.
8. **Borreani G., Tabacco E., Schmidt R.J., Holmes B.J., Muck R.E., (2018).** Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci*. 101, 3952–3979.
9. **Cai Y., Du, Z., Yamasaki, S., Nguluve, D., Tinga, B., Macome, F., et al. (2020).** Influence of microbial additive on microbial populations, ensiling characteristics, and spoilage loss of delayed sealing silage of Napier grass. *Asian-Australas. J. Anim. Sci*. 33, 1103–1112. doi: 10.5713/ajas.19.0471
10. **Carvalho-Estrada P.A., Fernandes J., Silva E.B., Tizioto P., Paziani S.F., Duarte A.P., Coutinho L.L., Verdi M.C.Q., Nussio L.G., (2020).** Effects of hybrid, kernel maturity, and storage period on the bacterial community in high-moisture and rehydrated corn grain silages. *Syst. Appl. Microbiol.*, 43: 126131. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2020.126131>
11. **Chen X., Wang L., Niu Z., Zhang M., Li Ch., Li J., (2020).** The effects of projected climate change and extreme climate on maize and rice in the Yangtze River Basin, China. *Agricultural and Forest Meteorology*. 282-283, 107867.

-
- 12. Corazza da Rosa T., Carvalho R.C., Jakobowski Hutra D., Pradebon L.C., Rosa Sarturi V.R., Gonzalez da Silva J.A., Szareski V.J., (2020).** Maize breeding for abiotic stress tolerance: An alternative to face climate changes. *Agronomy Sciences and Biotechnology*. 119(6)1-13.
- 13. da Silva E., B, Liu X, Mellinger C, Gressley T.F, Stypinski J.D, Moyer N.A, Kung J.L., (2022).** Effect of dry matter content on the microbial community and on the effectiveness of a microbial inoculant to improve the aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.* 105:5024–5043. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21515>
- 14. Danner H., Holzer M., Mayrhuber E., Braun R., (2003).** Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Appl. Environ. Microbiol.* 69, 562–567. doi .org/ 10 .3390/ microorganisms7120595.
- 15. Domokos Z., Simon A., Chetan F., Ceclan O.A., Filip E., Calugar R.E., Vatca S.D., Duda M.M., (2024).** The influence of sowing date on the primary yield components of maize. *Agronomy*, 14, 2120.
- 16. Dong Z, Li J, Wang S, Dong D, Shao T., (2022).** Time of day for harvest affects the fermentation parameters, bacterial community, and metabolic characteristics of sorghum-sudangrass hybrid silage. *Americas Society For Microbiology*. 7: 1-18. <https://doi.org/10.1128/msphere.00168-22>
- 17. Dorszewski P.A., (2009).** Efektywność stosowania dodatków kiszonkarskich w konserwacji zielonek z mieszanki motylkowato-trawiastej oraz z całych roślin kukurydzy. Rozprawy nr 136. Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego Bydgoszcz 2009. s.120.
- 18. Drouin, P., J. Tremblay, Chaucheyras-Durand F., (2019).** Dynamic succession of microbiota during ensiling of whole plant corn following inoculation with *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus hilgardii* alone or in combination. *Microorganisms* 7:595.
- 19. Elandt R., (1964).** Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. PWN, Warszawa.
- 20. Erenstein O., Jaleta M., Sonder K., Mottaleb K., Prasanna B.M., (2022).** Global maize production, consumption and trade: trends and 671 R&D implications. *Food Secur.* 14, 1295-1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>.

-
- 21. Fawaz M., Soliman S., (2016).** The Potential Scenarios of the Impacts of Climate Change on Egyptian Resources and Agricultural Plant Production. Open Journal of Applied Sciences. 6, 270-286. doi: [10.4236/ojapps.2016.64027](https://doi.org/10.4236/ojapps.2016.64027)
- 22. Ferrero F., Tabacco E., Borreani G., (2021).** *Lentilactobacillus hilgardii* inoculum, dry matter contents at harvest and length of conservation affect fermentation characteristics and aerobic stability of corn silage. Front. Microbiol. 12:675563. 10.3389/fmicb.2021.675563
- 23. Borreani G., Tabacco E., (2014).** Improving corn silage quality in the top layer of farm bunker silos through the use of a next-generation barrier film with high impermeability to oxygen. Journal of Dairy Science. 97 (4). [http://dx.doi.org/ 10.3168/jds.2013-7632](http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7632)
- 24. Gomez K.A., Gomez A.A., (1984).** Statistical procedures for agricultural research. Wiley, New York.
- 25. Guo L., Lu Y., Li P., Chen L., Gou W., Zhang C. (2021).** Effects of Delayed Harvest and Additives on Fermentation Quality and Bacterial Community of Corn Stalk Silage. Front. Microbiol., 12: 687481. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.687481>
- 26. Gusmão JO, Lima LM, Ferraretto LF, Casagrande DR, Bernardes TF. (2021).** Effects of hybrid and maturity on the conservation and nutritive value of snaplage. Anim Feed Sci Technol 274:114899. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114899>.
- 27. Herrmann C., Heiermann M., Idler C., (2011).** Effects of ensiling, silage additives and storage period on methane formation of biogas crops, Bioresour. Technol. 102 (2011) 5153–5161. doi:10.1016/j.biortech.2011.01.012.
- 28. Irawan A., Sofyan A., Ridwan R., Hassim H.A., Respati A.N., Wardani W.W., Sadarman Astuti W.D., Jayanegara A., (2021).** Effects of different lactic acid bacteria groups and fibrolytic enzymes as additives on silage quality: A meta-analysis. Bioresour. Technol. Reports. 14, 100654.
- 29. Kerwin R.E, Jimenez-Gomez J.M, Fulop D, Harmer S.L, Maloof J.N, Kliebenstein D. (2011).** Network quantitative trait loci mapping of circadian clock outputs identifies metabolic pathway-to-clock linkages in Arabidopsis. Plant Cell. 23:471–485. <https://doi.org/10.1105/tpc.110.082065>.
- 30. Książak J., Bojarszczuk J., Staniak M., (2012).** Produkcyjność kukurydzy i sorga w zależności od poziomu nawożenia azotem. Polish Journal of Agronomy. 8: 20-28.
- 31. Kukier E, Kwiatek K, Grenda T, Goldsztejn M., (2014).** Microflora of silages. Życie Weterynaryjne. 89: 1031-1036.

-
- 32. Kulkarni P.K., Vennapusa A.R., Pandian B.A., Deshmukh R., (2024).** Editorial: Genetic advancements for improving the plant tolerance to biotic and abiotic stresses. *Frontiers in Genetics*. 15:1426680.
- 33. Kung L., Shaver R. D., Grant R. J., Schmidt R. J., (2018).** Silage review: interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J. Dairy Sci.* 101, 4020–4033. doi: 10.3168/jds.2017-13909
- 34. Kuśnierek S., (2014).** Kiszzonka z kukurydzy - energia z całej rośliny. *Hoduj z głową*. 78, 44- 45.
- 35. Leclerc V., Dufour B., Lombard B., Gauchard F., Garin-Bastuji B., Salvat G., Brisabois A., Poumeyrol M., De Buyser M.L., Gnanou-Besse N., Lahellec C., (2002).** Pathogens in meat and milk products: surveillance and impact on human health in France. *Livest. Prod. Sci.* 76, 195-202.
- 36. Li R., Jiang D., Zheng M., Tian P., Zheng M., Xu C., (2020).** Microbial community dynamics during alfalfa silage with or without clostridial fermentation. *Sci. Rep.* 10:17782. doi: 10.1038/s41598-020-74958-1.
- 37. Liu Q. H., Li X. Y., Desta S. T., Zhang J. G., Shao T., (2016).** Effects of *Lactobacillus plantarum* and fibrolytic enzyme on the fermentation quality and in vitro digestibility of total mixed rations silage including rape straw. *J. Integr. Agric.* 15, 2087–2096. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61233-3.
- 38. Łozicki A., Lisowski A., Kostyra K., Chlebowski J., (2008).** Ocena wartości pokarmowej i jakości kiszzonki z kukurydzy sporządzonej w formie minisilosów. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. 3, 59-67.
- 39. Magnusson M., Christiansson A., Svensson B., (2007).** *Bacillus cereus* spores during housing of dairy cows: factors affecting contamination of raw milk. *J Dairy Sci.* 90, 2745–54.
- 40. Malenica N., Dunić J.A., Vukadinović L., Cesar V., Simić D., (2021).** Genetic approaches to enhance multiple stress tolerance. *Gens*, 12, 1760.
- 41. McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E., (1991).** *Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications. Marlow, pp. 187.
- 42. McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E., (1991).** *The biochemistry of silage*. 2nd ed., Marlow: Chalcombe Publications, 1991, 340.
- 43. Mocek A., Drzymala S., Maszner P., (1997).** *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Wydawnictwo AR Poznań.

-
- 44. Mohd-Setapar S.H., Abd-Talib N., Aziz R., (2012).** Review on crucial parameters of silage quality. *Asia-Pacific Chemical, Biological & Environmental Engineering Procedia*. 3, 99-203.
- 45. Molga M., (1986).** *Meteorologia rolnicza*. PWRiL, Warszawa: 470-475.
- 46. Muck R.E., Kung L.Jr., (2007).** Silage production. Pages 617–633 in *Forages: The Science of Grassland Agriculture*. Vol. II. 6th ed. Barnes R.F., Nelson C.J., Moore K.J., Collins M., ed. Blackwell Publishing, Ames, IA.
- 47. Muck R.E., (2013).** Recent advances in silage microbiology. *Agric. Food Sci.* 22, 3–15.
- 48. Muck R.E., Pitt R.E., (1994).** Aerobic deterioration in corn silage relative to the silo face. *Transactions of the ASABE*, 37, 735–743.
- 49. Niedbala G., Tratwal A., Piekutowska M., Wojciechowski T., Uglis J., (2022).** A framework for financing post-registration variety testing system: A case study from Poland. *Agronomy*, 12, 325.
- 50. Nowak J., (2000).** Straty powodowane fermentacją podczas kiszenia zielonek. *Postępy Nauk Rolniczych*. 2, 101-119.
- 51. O'Brien M., O'Kiely P., Forristal P., Fuller H., (2005).** Fungi isolated from contaminated baled grass silage on farms in the Irish Midlands. *FEMS Microbiology Letters*, 247, 131-135.
- 52. Ogunade I.M., Martinez-Tupia C., Queiroz O.C.M., Jiang Y., Drouin P., Wu F., Vyas D., Adesogan A.T., (2018).** Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation. *Journal of Dairy Science*. 101 (5), 4034-4059.
- 53. Pahlow G., Muck R.E., Driehuis F., Oude Elferink S.J.W.H., Spoelstra S.F., (2003).** Microbiology of ensiling. *Silage Science and Technology*. 31-93.
- 54. Pahlow G., Muck R.E., Driehuis F., Oude Elferink S.J.W.H., Spoelstra S.F., (2003)** Microbiology of ensiling. W: Buxton D.R., Muck R.E., Harrison J.H. (edit.: *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 31–93.
- 55. Pahlow G., Muck R.E., Driehuis F., Spoelstra S.F., (2003).** Typical populations of bacterial and fungal groups on plants prior to ensiling. In: „*Silage Science and Technology*“ (Hrsg. Buxton et a. 2003), pp. 32-33.
- 56. Podkówka W., (2015).** Ocena potencjału produkcyjnego kukurydzy na podstawie badań PDO prowadzonych w latach 2000–2014. XLIV Sesja Naukowa SZZ, KNZ PAN, Warszawa, 29–30.

-
- 57. Purwin C., Łaniewska-Trokenheim Ł., Warmińska I., Tywończuk J., (2006).** Jakość kiszzonek-aspekty mikrobiologiczne, zdrowotne i produkcyjne. *Medycyna Weterynaryjna*. 62, 865-869.
- 58. Purwin C., Łaniewska-Trokenheim Ł., Warmińska-Radyko I., Tywończuk J., (2006).** Silage quality: microbiological, health-promoting and production aspects. *Medycyna Weterynaryjna* 62(8): 865-869.
- 59. Purwin C., Lipiński K., Pysera B., (2012).** Hygienic quality of silages. *Życie Weterynaryjne*. 87 (1): 37-40.
- 60. Puschner B., (2002).** Mycotoxins. *Vet. Clin. Small Anim.* 32: 409-419.
- 61. Radkowski A., Radkowska I., (2014).** Ocena jakości i wartości pokarmowej kiszzonek z runi łąkowej wybranych gospodarstw Polski południowowschodniej. *Wiadomości Zootechniczne*. 1, 32-37.
- 62. Rastogi G., Coaker GL., Leveau JHJ., (2013).** New insights into the structure and function of phyllosphere microbiota through high-throughput molecular approaches. *FEMS Microbiol Lett* 348:1-10. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12225>.
- 63. Ren Y., Li Q., Du X., Zhang Y., Wang H., Shi G., Wei M., 2023.** Analysis of corn yield predication potential at various growth phases using a process-based model and deep learning. *Plants*., 12, 446.
- 64. Rodríguez-Blanco M., Ramos A.J., Sanchis V., Marín S., (2021).** Mycotoxins occurrence and fungal populations in different types of silages for dairy cows in Spain. *Fungal Biol*, 125, pp. 103-114.
- 65. Rooke J.A., Hatfield R.D., (2015).** Biochemistry of Ensiling. *Silage Sci. Technol.* 95–139.
- 66. Rooke, John A. and Hatfield, Ronald D., (2003).** Biochemistry of Ensiling. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. 1399.
- 67. Rosegrant M.W., Zhu T., Msangi, S. Sulser T., (2008).** Global Scenarios for Biofuels: Impacts and Implications. *Review of Agricultural Economics*, 30, 495-505.
- 68. Ruben Teixeira Franco, Pierre Buffière, Rémy Bayard., (2016).** Ensiling for biogas production: Critical parameters. A review. *Biomass and Bioenergy*, 2016, 94, pp.94 - 104. 10.1016/j.biombioe.2016.08.014. hal-01692853
- 69. Salika R., Riffat J., 2021.** Abiotic stress responses in maize: a review. *Acta Physiologiae Plantarum*. 43:130.

-
- 70. Santos M.C., Golt C., Joerger R.D., Mechor G.D., Mourão G.B., Kung L., (2017).** Identification of the major yeasts isolated from high moisture corn and corn silages in the United States using genetic and biochemical methods. *J. Dairy Sci.* 100, 1151–1160.
- 71. Schwaba E. C., Shavera R. D., Lauerb J. G., Coorsb J. G., (2003).** Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids, *Animal Feed Science and Technology*, 109, 1–18.
- 72. Seglar W. J., (1997).** Silage Fermentation. *Compendiums Food Animal Medicine Management.* 19, 65-83.
- 73. Seleiman, M.F.; Al-Suhaibani, N.; Ali, N.; Akmal, M.; Alotaibi, M.; Refay, Y.; Dindaroglu, T.; Abdul-Wajid, H.H.; Battaglia, M.L. (2021).** Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10, 259
- 74. Selwet M., (2001).** Rola i właściwości bakterii fermentacji mlekowej w procesie konserwacji materiału roślinnego. *Kosmos Problemy Nauk Biologicznych.* 50 (1-2): 61-67.
- 75. Selwet M., (2004).** Dynamika rozwoju bakterii z rodzaju *Clostridium* w kiszonkach z mieszanek traw motylkowatych traktowanych kwasem mrówkowym. *Acta Agraria et Silvestria*, vol. XLII: 419-428.
- 76. Selwet M., (2009).** Wpływ kwasów organicznych i preparatów bakteryjno-enzymatycznych na stabilność kiszonek poddanych ekspozycji tlenowej - badania modelowe. *Rozprawy Naukowe* 4004. Wydawnictwo Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. s.148.
- 77. Selwet M., (2020).** Influence of inoculation with *Lactobacillus* on fermentation, production of 1,2-propanediol and 1-propanol as well as Maize silage aerobic stability. *Open Life Science.* 15: 373–378. <https://doi.org/10.1515/biol-2020-0038>
- 78. Selwet M., Raczkowska-Werwinska K., Potkański A., Grajewski J., Twarózek M., Miklaszewska B., Łukomska W., Gubała A., (2008).** Chemical composition and microflora of silage from maize ensilage with bacterial and chemical additives. *Medycyna Wet.*, 64: 477-479.
- 79. Shao, J. Y., Liu, P., Zhao, B., Zhang, J. W., Zhao, X. Y., Ren, B. Z. (2023).** Combined effects of high temperature and waterlogging on yield and stem development of summer maize. *Crop J.* 11, 651–660.
- 80. Sharif S., Hanif N.Q., Ghazanfar S., Imran M., Naiel M.A.E., Alagawany M., (2023).** Dominance of *Bacillus* sp. alter microbiological and nutritional quality and improve aerobic stability of the corn silage. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali.* 34: 283-293. DOI:10.1007/s12210-022-01130-4

-
- 81. Steidlova Š., Kalač P., (2002).** Levels of biogenic amines in maize silages. *Animal Feed Sci. and Technol.*, 102: 197-205.
- 82. Sulewska H., (2001).** Plonowanie i wartość pokarmowa kukurydzy zbieranej na zielonkę w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań, rozprawa Naukowa*. 315: 94
- 83. Szepliński W., Bogucka B., Wróbel E., 2009.** Przydatność mieszańców kukurydzy o zróżnicowanej wczesności do uprawy na kiszonkę w warunkach województwa Warmińsko-Mazurskiego. *Acta. Sci. Pol., Agricultura*. 8(1): 57-68.
- 84. Szulc P., Ambroży-Deręgowska K., Mejza I. Kobus-Cisowska J., Ligaj M., Krauklis D., (2021c).** The role of agrotechnical factors in shaping the health of maize plants (*Zea mays* L.). *Polish J. of Environ. Stud.* 30(1): 863-869. DOI: 10.15244/pjoes/122447.
- 85. Szulc P., Ambroży-Deręgowska K., Waligóra H., Mejza I., Grześ S., Zielewicz W., Wróbel B., (2021a).** Dry matter yield of maize (*Zea mays* L.) as an indicator of mineral fertilizer efficiency. *Plants*. 10, 535. <https://doi.org/10.3390/plants10030535>.
- 86. Szulc P., Ambroży-Deręgowska K., Waligóra H., Mejza I., Grześ S., Zielewicz W., Wróbel B., (2021d).** Dry matter yield of maize (*Zea mays* L.) as an indicator of mineral fertilizer efficiency. *Plants*. 10, 535. <https://doi.org/10.3390/plants10030535>.
- 87. Szulc P., Bocianowski J., (2011).** Variability and correlation of components of grain yield structure of two different types of maize cultivars (*Zea mays* L.). *Fres. Envi. Bulletin*. Vol. 20; No. 10a: 2684-2692.
- 88. Szulc P., Bocianowski J., Nowosad K., Zielewicz W., Kobus-Cisowska J., (2021b).** SPAD leaf greenness index: Green mass yield indicator of maize (*Zea mays* L.), genetic and agriculture practice relationship. *Plants*. 10, 830. <https://doi.org/10.3390/plants10050830>.
- 89. Szulc P., Bocianowski J., Rybus-Zajac M., (2013).** Influence of soil supplementation with nitrogen and magnesium on the size of assimilation area of maize cultivars (*Zea mays* L.) differing in genetic profile. *EJPAU*, 16(2) #01.
- 90. Szulc, P., Mejza I., Ambroży-Deręgowska K., Nowosad K., Bocianowski J., (2016).** The comparison of three models applied to the analysis of three-factor trial on hybrid maize (*Zea mays* L.) cultivars. *Biometrical Letters*. 2016, 53(1), 47-57.
- 91. Uncer A.M., (2024).** Impact of Market Economy on Health: Global View from Türkiye's Perspective and the Role of WHO. *Open Access Library Journal*, **11**, 1-10. doi:[10.4236/oalib.1112263](https://doi.org/10.4236/oalib.1112263).

-
- 92. Wambacq E., Vanhoutte I., Audenaert K., De Gelder L., Haesaert G., (2016).** Occurrence, prevention and remediation of toxigenic fungi and mycotoxins in silage: A review. *J. Sci. Food Agric.* 2016, 96, 2284–2302.
- 93. Weinberg Z.G., Ashbell G., (2003).** Engineering aspects of ensiling, *Biochem. Eng. J.* 13 181–188.
- 94. Wang T., Li N., Li Y., Lin H., Yao N., Chen X., Liu D.L., Yu Q, Feng H., (2022).** Impact of climate variability on grain yields of spring and summer maize. *Computers and Electronics in Agriculture.* 199, 107101.
- 95. Weber A., Waligóra H., Skrzypczak W., Chwastek E., (2015).** The identification of earliness classes in sweet corn cultivars with the sums of effective temperatures. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 21(4): 771-778.
- 96. Weinberg Z.G., Ashbell G., (2003).** Engineering aspects of ensiling. *Biochemical Eng. J.* 13, 181-188.
- 97. Wilkinson J. M., (1999).** Silage and health, [w:] *Proc. 12th Internat. Silage production in relation to animal performance, animal health, meat and milk quality.* Uppsala, Sweden 1999, s. 67-81.
- 98. Woolford M.K., (1985).** The silage fermentation. W: *Microbiology of Fermented Foods.* (B.J.B Wood, ed) Elsevier, New York, vol. 2: 85-112.
- 99. Wróbel B., Nowak J., Fabiszewska A., Paszkiewicz-Jasińska A., Przystupa W. (2023).** Dry Matter Losses in Silages Resulting from Epiphytic Microbiota Activity - A Comprehensive Study. *Agronomy* 2023, 13, 450. [https:// doi.org/10.3390/agronomy13020450](https://doi.org/10.3390/agronomy13020450).
- 100. Wu W., Yue W., Bi J., Zhang L., Xu D., Peng Ch., Chen X., Wang S., (2024).** Influence of climatic variables on maize grain yield and its components by adjusting the sowing date. *Sec. Plant Abiotic Stress.* 15.
- 101. Yang F., Cai Y., Guo X.S., Zhong J., eds. (2022).** New Microbial Inoculants for Enhancing Fermentation Quality of Silage. Lausanne: Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/978-2-88974-874-7>.
- 102. Zhou Y., Ma S., Zhang H., Aakur S., 2024.** Enhancing corn yield predication: Optimizing data quality or model complexity?. *Smart Agricultural Technology.* 9: 100671.
- 103. Zhao X., Zhao C., Niu Y., Chao W., He W., Wang Y., Mao T., Bai X., (2022).** Understanding and Comprehensive Evaluation of Cold Resistance in the Seedlings of Multiple Maize Genotypes. *Plants*, 11, 1881.

9.STRESZCZENIE

Doświadczenie polowe wykonano w Katedrze Agronomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na polach Zakładu Dydaktyczno-Doświadczalnego Gorzyń, filia w Złotnikach w latach 2016 - 2018. Prowadzono je przez 3 lata w tym samym układzie w 4 powtórzeniach polowych. Było to doświadczenie jednoczynnikowe, z 6 terminami siewu ultrawczesnej odmiany kukurydzy: A1 – 12.IV, A2 – 26.IV, A3 – 10.V, A4 – 24.V, A5 – 7.VI, A6 – 21.VI. Głównym celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanych terminów siewu ultrawczesnej odmiany kukurydzy na: plonowanie, skład chemiczny i wartość pokarmową zielonki przeznaczonej do zakiszania, skład chemiczny i wartość pokarmową kiszonki, status mikrobiologiczny kiszonki, produkcję mleka, jednostkową produktywność azotu (PFPF_N). Na wszystkich obiektach doświadczalnych zastosowano jednakowy poziom nawożenia mineralnego w wysokości 130 kg N/ha (mocznik), 50 kg P₂O₅/ha (superfosfat potrójny granulowany) i 80 kg K₂O/ha (sól potasowa). Chwasty zwalczano po siewie (w każdym terminie siewu kukurydzy) preparatem Lumax 557,5 SE w ilości 4 l/ha. Siew kukurydzy wykonano siewnikiem punktowym firmy Monosem. Zakładana obsada roślin w każdym z lat badań wynosiła 7,95 szt.m⁻² (79500 ziaren/ha), przy rozstawie międzyrzędzi 70 cm i głębokości siewu 4-5 cm. Wielkość poletka brutto 24,5 m² (długość 8,75 m, szerokość 2,8 m.). Powierzchnia poletka netto do przeprowadzenia obserwacji (pobieranie prób roślinnych) wynosiła 12,25 m². Do pobrania roślin kukurydzy przeznaczono 2 środkowe rzędy z każdego poletka doświadczalnego. Do założenia doświadczenia wykorzystano nasiona kukurydzy odmiany 'Pyroxenia'. Odmiana ta charakteryzuje się ekstremalną wczesnością dojrzewania (FAO 130), szybkim początkowym rozwojem oraz wzrostem elongacyjnym. Ponadto odmiana ta charakteryzuje się bardzo dobrą odpornością na choroby, wysokim udziałem kolb w masie, wysoką zawartość skrobi w ziarnie i bardzo dobrą strawność włókna. Zielonka z kukurydzy każdego roku zbierana była w dojrzałości woskowej ziarna, w każdym z 6-ciu terminów jej siewu. Rośliny kukurydzy zostały rozdrobnione na sieczkę o długości 1,0 do 1,5 cm za pomocą rozdrabniacza. Po rozdrobnieniu zielonka z kukurydzy była umieszczona w silosie o objętości około 10600 cm³.

Słowa kluczowe: kukurydza, plon surowca kiszonkowego, termin siewu, zakiszanie

11. SUMMARY

The field experiment was conducted at the Department of Agronomy of the Poznań University of Life Sciences, in the fields of the Gorzyń Educational and Experimental Station, Złotniki branch in 2016-2018. It was conducted for 3 years in the same system in 4 field replications. It was a single-factor experiment, with 6 sowing dates of an ultra-early maize variety: A1 – 12.IV, A2 – 26.IV, A3 – 10.V, A4 – 24.V, A5 – 7.VI, A6 – 21.VI. The same level of mineral fertilization was applied on all experimental sites at the level of 130 kg N/ha (urea), 50 kg P₂O₅/ha (granular triple superphosphate) and 80 kg K₂O/ha (potassium salt). Weeds were controlled after sowing (at each corn sowing date) with Lumax 557.5 SE in the amount of 4 l/ha. Maize was sown with a Monosem precision seeder. The assumed plant density in each year of the study was 7.95 pcs.m⁻² (79,500 grains/ha), with an inter-row spacing of 70 cm and a sowing depth of 4-5 cm. The gross plot size was 24.5 m² (length 8.75 m, width 2.8 m). The net plot area for observations (collecting plant samples) was 12.25 m². The 2 middle rows of each experimental plot were designated for collecting corn plants. The 'Pyroxenia' corn seeds were used to establish the experiment. This variety is characterized by extreme early ripening (FAO 130), rapid initial development and elongation growth. In addition, this variety is characterized by very good disease resistance, a high proportion of cobs in the mass, a high starch content in the grain and very good fiber digestibility. The green corn was harvested each year at the waxy maturity of the grain, in each of the 6 terms of its sowing. The corn plants were crushed into chaff 1.0 to 1.5 cm long using a crusher. After crushing, the green maize was placed in a silo with a volume of about 10,600 cm³.

Keywords: maize, silage yield, sowing date, ensiling

11.ZAŁĄCZNIKI

Tabela 50. Analiza wariancji dla plonu świeżej masy kukurydzy

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		Plon świeżej słomy	Plon świeżej masy kolb	Plon świeżej masy całej rośliny
Bloki	1	1,05	0,00072	0,996
Lata (Y)	2	23,69	67,60247*	157,811*
Błąd 1	2	2,69	1,01028	2,808
Czynnik A	5	324,66**	71,24074**	689,411**
Y × A	10	128,55**	13,36534*	204,369**
Błąd 2	15	18,94	4,28590	34,206

** – różnice istotne dla p -wartości $< 0,01$, * – różnice istotne dla p -wartości $< 0,05$

Tabela 51. Analiza wariancji dla plonu suchej masy

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty					
		Plon słomy	Plon kolb	Plon całych roślin	% sm słoma	% sm kolba	% udział kolb
Bloki	1	0,03	1,19	0,83	1,84	67,95	5,00
Lata (Y)	2	1,80	19,11*	9,70	98,82*	143,06*	347,24
Błąd 1	2	0,66	0,97	1,58	4,71	6,68	42,22
Czynnik A	5	18,56**	51,77**	127,97**	57,00*	547,28**	140,65**
Y × A	10	8,10**	11,07**	32,27**	30,49	118,49**	96,25**
Błąd 2	15	1,01	2,75	5,83	15,10	18,52	24,96

** – różnice istotne dla p -wartości $< 0,01$, * – różnice istotne dla p -wartości $< 0,05$

Tabela 52. Analiza wariancji dla składu chemicznego zielonki

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty						
		Sucha masa	Popiół surowy	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	BNW	Skrobia
Bloki	1	0,17	0,136	0,810	0,041	0,013	1,891	6,52
Lata (Y)	2	133,73**	1,508	0,135	0,530*	26,514	27,620*	111,06*
Błąd 1	2	1,20	0,083	0,032	0,010	2,587	0,776	2,74
Czynnik A	5	19,85**	0,050	0,428	0,110	1,782	2,072	21,84
Y × A	10	14,54**	0,385**	0,150	0,165**	2,155	2,163	13,41
Błąd 2	15	2,90	0,097	0,200	0,038	1,642	2,525	14,24

** – różnice istotne dla p -wartości $< 0,01$, * – różnice istotne dla p -wartości $< 0,05$

Tabela 53. Analiza wariancji dla frakcji włókna zielonki

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		NDF	ADF	ADL
Bloki	1	12,34	1,05	0,135
Lata (Y)	2	59,89	19,54	0,128
Błąd 1	2	6,51	2,91	0,106
Czynnik A	5	15,92	2,08	0,294
Y × A	10	22,62*	4,33	0,255
Błąd 2	15	7,77	4,05	0,196

* – różnice istotne dla p -wartości $< 0,05$

Tabela 54. Analiza wariancji dla wartości pokarmowej INRA (zielonka)

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty			
		JPM	JPŻ	BTJE	BTJN
Bloki	1	0,000044	0,000044	2,250	38,028
Lata (Y)	2	0,004719*	0,006253*	127,694**	4,778
Błąd 1	2	0,000053	0,000203	0,250	1,444
Czynnik A	5	0,000264	0,000504*	2,094**	14,961
Y × A	10	0,000109	0,000106	1,094*	5,811
Błąd 2	15	0,000150	0,000157	0,317	7,706

** – różnice istotne dla p -wartości $< 0,01$, * – różnice istotne dla p -wartości $< 0,05$

Tabela 55. Analiza wariancji dla wartości pokarmowej DLG (zielonka)

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		nBO	BNŻ	NEL
Bloki	1	9,000	0,667	0,00028
Lata (Y)	2	73,694**	2,090*	0,38737**
Błąd 1	2	0,250	0,100	0,00049
Czynnik A	5	7,911*	0,486	0,01611**
Y × A	10	2,028	0,230	0,00600
Błąd 2	15	2,167	0,327	0,00321

** – różnice istotne dla p -wartości $< 0,01$, * – różnice istotne dla p -wartości $< 0,05$

Tabela 56. Analiza wariancji dla składu chemicznego kiszonki

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty						
		Sucha masa	Popiół surowy	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	BNW	Skrobia
Bloki	1	3,36	0,058	0,023	0,212	0,35	0,425	5,10
Lata (Y)	2	185,61**	3,404**	0,015	0,022	35,87*	57,278**	3,61
Błąd 1	2	1,06	0,029	0,059	0,106	0,40	0,018	4,80
Czynnik A	5	63,90**	0,158	0,110	0,191*	3,56	3,586	22,86**
Y × A	10	6,41*	0,102	0,084	0,081	1,36	1,275	2,95
Błąd 2	15	2,01	0,099	0,116	0,044	1,83	3,150	3,05

** – różnice istotne dla p -wartości $< 0,01$, * – różnice istotne dla p -wartości $< 0,05$

Tabela 57. Analiza wariancji dla frakcji włókna w kiszonce

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		NDF	ADF	ADL
Bloki	1	4,59	1,47	0,0249
Lata (Y)	2	15,30	82,35*	0,0674
Błąd 1	2	0,86	1,27	0,0058
Czynnik A	5	13,07	7,18*	0,0513
Y × A	10	4,15	2,10	0,0183
Błąd 2	15	6,84	2,19	0,0296

* – różnice istotne dla p -wartości $< 0,05$

Tabela 58. Analiza wariancji dla wartości pokarmowej INRA (kiszonka)

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty			
		JPM	JPŻ	BTJE	BTJN
Bloki	1	0,000056	0,000044	0,56	1,36
Lata (Y)	2	0,001227*	0,001736*	6,27	0,53
Błąd 1	2	0,000019	0,000036	1,27	2,69
Czynnik A	5	0,000050	0,000079	2,08	4,38
Y × A	10	0,000045	0,000049	1,94	3,28
Błąd 2	15	0,000065	0,000101	1,58	4,90

* – różnice istotne dla p -wartości $< 0,05$

Tabela 59. Analiza wariancji dla wartości pokarmowej DLG (zielonka)

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		nBO	BNŻ	NEL
Bloki	1	0,34	0,028	0,00031
Lata (Y)	2	23,55	0,610*	0,11130
Błąd 1	2	3,30	0,012	0,00818
Czynnik A	5	1,72	0,372*	0,01516
Y × A	10	4,28	0,192	0,01579
Błąd 2	15	3,96	0,117	0,00908

** – różnice istotne dla $p < 0,01$, * – różnice istotne dla $p < 0,05$

Tabela 60. Analiza wariancji dla jakości kiszonki

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		Punkty	NH ₃	Redukcja
Bloki	1	68,06	0,00000069	0,0136
Lata (Y)	2	29,65	0,00000692	43,5600**
Błąd 1	2	43,15	0,00000151	0,0786
Czynnik A	5	76,33	0,00003198	0,5045*
Y × A	10	46,81	0,00000914	0,1205
Błąd 2	15	40,45	0,00001262	0,1608

** – różnice istotne dla $p < 0,01$, * – różnice istotne dla $p < 0,05$

Tabela 61. Analiza wariancji dla pH i kwasów

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		pH	Kwas mlekowy	Kwas octowy
Bloki	1	0,0071	1,321	0,051
Lata (Y)	2	0,0077	0,681	0,724
Błąd 1	2	0,0194	0,059	0,223
Czynnik A	5	0,0941**	2,642	0,592
Y × A	10	0,0458*	2,370	0,334
Błąd 2	15	0,0131	1,760	0,277

** – różnice istotne dla $p < 0,01$, * – różnice istotne dla $p < 0,05$

Tabela 62. Analiza wariancji dla produkcji mleka

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty	
		Mleko	Mleko produkcja
Bloki	1	4394779,44	260,05
Lata (Y)	2	48529410,46	2871,56
Błąd 1	2	4179675,35	247,32
Czynnik A	5	346116773,37**	20480,28**
Y × A	10	98553794,42**	5831,59**
Błąd 2	15	18054998,03	1068,34

** – różnice istotne dla p -wartości $< 0,01$

Tabela 63. Analiza wariancji dla jednostkowej efektywności azotu

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		Słoma azot	Kolba azot	Roślina azot
Bloki	1	1,86	70,20	49,23
Lata (Y)	2	106,22	1130,89	573,92
Błąd 1	2	39,23	57,18	93,43
Czynnik A	5	1098,34**	3063,04**	7572,19**
Y × A	10	479,55**	654,83**	1909,18**
Błąd 2	15	59,50	162,99	344,85

** – różnice istotne dla p -wartości $< 0,01$

Tabela 64. Wyniki analizy wariancji dla STE (świeża masa)

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		Słoma STE	Kolba STE	Całe STE
Bloki	1	0,46	1125,20	0,64
Y	2	108,72	15036,15	119,55**
Błąd 1	2	33,21	1804,15	0,70
A	5	3247,86**	13311,60**	1254,44**
Y×A	10	973,70**	2968,33	309,67**
Błąd 2	15	98,99	2146,32	49,38

** – różnice istotne dla $p < 0,01$

Tabela 65. Wyniki analizy wariancji dla STE (sucha masa)

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Średnie kwadraty		
		STE sucha słoma	STE sucha kolba	STE sucha cała
Bloki	1	117,02	29,13	78,16
Y	2	2823,50	16329,98	27,85
Błąd 1	2	1190,09	8496,14	81,11
A	5	27472,69**	80375,52**	10202,35**
Y×A	10	7707,38**	19653,45	2062,59**
Błąd 2	15	957,41	7943,86	283,67

** – różnice istotne dla $p < 0,01$