

WPLYW WILGOTNOŚCI ZIARNIAKÓW I NACISKU PIONOWEGO NA ICH ENERGIĘ I ZDOLNOŚĆ KIEŁKOWANIA*

Rafał Nadulski, Elżbieta Kusińska, Tomasz Guz, Zbigniew Kobus
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W trakcie składowania ziarna zbóż napór wyżej położonych warstw powoduje odkształcenie ziarniaków i może przyczyniać się do spadku ich zdolności kiełkowania. Celem pracy była ocena zdolności i energii kiełkowania ziarniaków pięciu gatunków zbóż o różnej wilgotności przechowywanych w warunkach symulujących obciążenia panujące w wielogabarytowych silosach. Masę ziarnową obciążano przez 7 dni w specjalnie zaprojektowanych stalowych pojemnikach stosując nacisk pionowy o wartościach: 35, 52,5 i 70 kN. Następnie, po odciążeniu, ziarniaki poddawano ocenie energii kiełkowania i zdolności kiełkowania zgodnie z Polską Normą. Stwierdzono, że energia i zdolność kiełkowania ziarniaków zależy istotnie od wartości nacisku pionowego i ich wilgotności. Wykazano, że w większości przypadków ziarniaki poddane obciążeniu nie nadają się na materiał siewny z powodu zbyt małej zdolności kiełkowania.

Słowa kluczowe: silos, nacisk pionowy, ziarno zbóż, zdolność kiełkowania, energia kiełkowania

Wstęp

W produkcji roślinnej woda decyduje o plonowaniu roślin, natomiast w czasie przechowywania ziarna zbóż i nasion może powodować obniżenie jakości składowanego surowca, co związane jest z deformacją materiału pod wpływem obciążeń [Szoł 1983]. Problemem wpływu wilgotności i obciążeń mechanicznych na zdolność kiełkowania ziarna zbóż zajmowali się Frączek i Ślipek [1997] oraz Kobus i in. [2010]. Stwierdzili, że wilgotność ziarna pszenicy podczas obróbki pozbiorczej nie powinna przekraczać 18%. W metalowych silosach oraz w silosach żelbetowych w okresie trwania okresu przechowalniczego następuje migracja wody powodując w wielu miejscach wzrost wilgotności, która wpływa na wytrzymałość ziaren oraz rozwój mikroflory [Kusińska 2006; Kusińska, Grundas 2006]. Na te zjawiska nakłada się dodatkowo występowanie naporu wyżej położonych warstw ziarna, co powoduje odkształcenie ziaren i prawdopodobnie spadek zdolności kiełkowania,

* Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego nr N N313 013336

która jest cechą biologiczną ziarna mającą praktyczne znaczenia przy ocenie ziarna jako materiału siewnego. Kusińska [2008] badała zdolność kiełkowania ziarna pszenicy Henia poddawanego obciążeniu statycznemu o wartościach: 17,5 kPa, 35 kPa, 52,5 kPa i 70 kPa. Czas trwania obciążenia wynosił od 0 (próba kontrolna) do 15 dni. Zdolność kiełkowania oznaczano po 5, 10 i 15 dniach obciążania ziarna oraz dla próby kontrolnej. Badania wykazały istotny wpływ wybranych parametrów na zdolność kiełkowania, która w ekstremalnych warunkach zmalała do 76%. Spadek zdolności kiełkowania podczas przechowywania ziarna w silosach metalowych potwierdził Bowszys [2006].

Celem pracy była ocena zdolności i energii kiełkowania ziarniaków pięciu gatunków zbóż o różnej wilgotności przechowywanych w warunkach symulujących obciążenia panujące w wielogabarytowych silosach.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono w laboratorium Katedry Inżynierii i Maszyn Spożywczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Do badań przyjęto ziarno pszenicy ozimej odmiany Tonacja, żyta ozimego odmiany Słowiańskie, owsa odmiany Sławko, pszenżyta ozimego odmiany Pawo i jęczmienia jarego odmiany Stratus. Wilgotność wyjściowa ziarna wynosiła ok. 13%. Ziarno dowilżano i w efekcie uzyskano trzy poziomy wilgotności: 14%, 18% i 22%. Wilgotność ziarna oznaczano zgodnie z PN79/R-69950. Masę ziarnową obciążano przez 7 dni w specjalnie zaprojektowanych pojemnikach stosując nacisk pionowy o wartościach 35, 52,5 i 70 kN, co odpowiadało ciśnieniom panującym w rzeczywistym silosie [Guz i in. 2011].



Źródło: fot. Nadulski

Rys. 1. Pojemnik do obciążania masy ziarnowej

Fig. 1. A container for loading seed mass

Następnie po odciążeniu ziarniaki poddawano ocenie energii kiełkowania i zdolności kiełkowania zgodnie z Polską Normą [1979]. Jako podłoże kiełkowania zastosowano bibułę w postaci harmonijki o dużej pojemności wodnej, o odczynie obojętnym i wolną od szkodliwych substancji chemicznych. W trakcie badania kontrolowano wilgotność podłoża i w razie potrzeby nawilżano. Badanie dla każdej próby przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Obliczanie energii kiełkowania przeprowadzono po czterech dniach dla żyta, pszenicy, pszenżyta i jęczmienia oraz po pięciu dla owsa, a zdolność kiełkowania po kolejnych trzech dniach dla jęczmienia, czterech pszenicy oraz pszenżyta i pięciu dla owsa. Następnie wyniki poddano analizie statystycznej przy pomocy programu Statistica 6.0 [StatSoft, Inc. 2003] z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA dla układów czynnikowych, testu NIR Fishera i modułu regresji wielorakiej.

Wyniki badań i ich analiza

W tabeli 1 przedstawiono wpływ temperatury i nacisku pionowego na energię kiełkowania (E_k) badanych gatunków zbóż. Badania wykazały statystycznie istotny wpływ na energię kiełkowania (E_k) badanych ziarniaków wilgotności (w) oraz nacisku pionowego (p). Wyższy nacisk pionowy ziarniaków powoduje w większości przypadków spadek ich energii kiełkowania. Wzrost wilgotności ziarniaków poddanych obciążeniu skutkuje obniżeniem ich energii kiełkowania.

Tabela 1. Wpływ temperatury i nacisku pionowego na energię kiełkowania (E_k) badanych gatunków zbóż

Table 1. Influence of temperature and vertical load on germination energy (E_k) of the researched grain varieties

Zmienna	Wartość	Gatunek				
		Żyto	Pszenica	Pszenżyto	Owies	Jęczmień
Temperatura [°C]	14	79,42 a	92,33 a	92,42 a	81,33 a	88,33 a
	18	65,91 b	89,58 b	83,33 b	73,42 b	82,25 b
	22	33,01 c	84,33 c	81,00 c	70,75 c	88,33 b
Nacisk pionowy [kPa]	0	59,33 a	90,44 a	87,00 a	82,33 a	88,33 a
	35	61,33 b	89,33 ab	85,00 b	75,56 b	84,11 b
	52	59,44 a	87,89 bc	85,44 b	75,67 b	83,67 b
	70	57,67 c	87,33 c	84,89 b	82,33 c	80,78 c

Średnie w kolumnach dla temperatury i nacisku pionowego oznaczone tą samą literą nie różnią się przy $\alpha = 0,05$
Means in columns for temperature and vertical load marked with the same letter do not differ at $\alpha = 0.05$

Źródło: obliczenia własne

Zmiany energii kiełkowania ziarniaków poszczególnych w zależności od temperatury i nacisku pionowego gatunków ziarniaków przedstawiono na rys. 2-6.

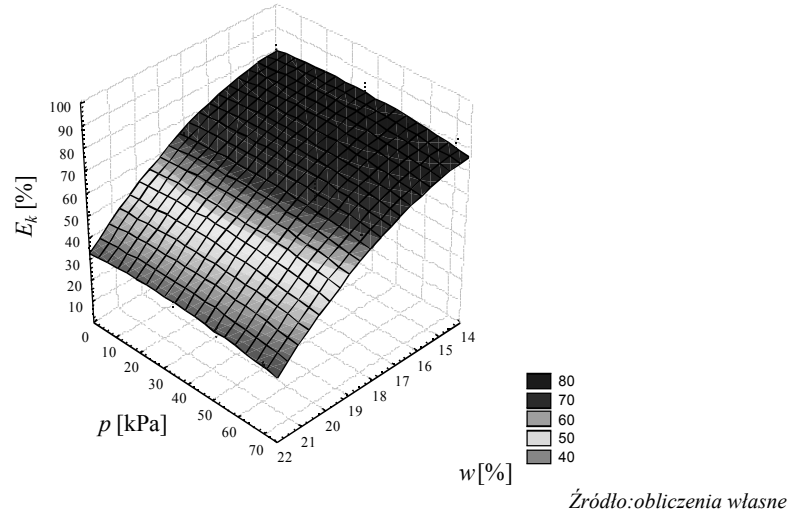
Zależność energii kiełkowania od wilgotności ziarniaków i ich obciążenia opisano dla wszystkich badanych zbóż przy pomocy równań drugiego stopnia (Tabela 2).

Tabela 2. Równania regresji opisujące zależność energii kiełkowania E_k (%) od wilgotności (%) i nacisku pionowego (kPa)

Table 2. Regression equations describing relation of germination ability E_k (%) to moisture (%) and vertical load (kPa)

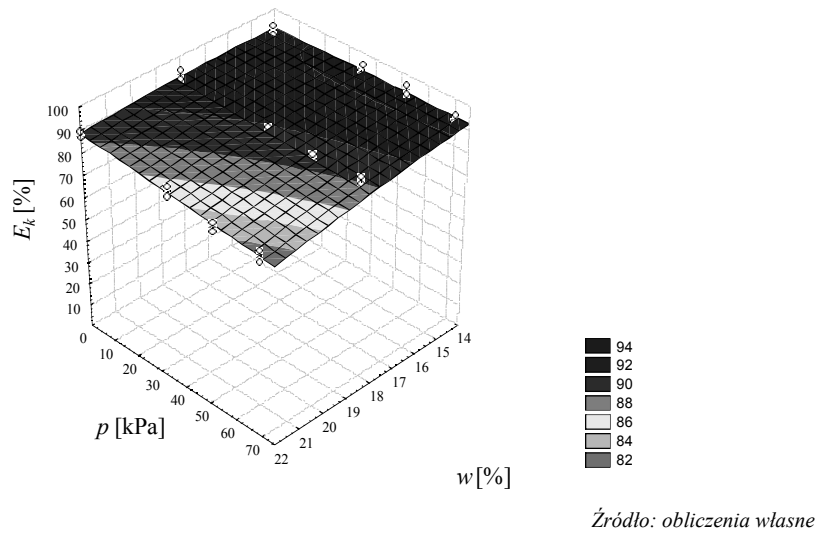
Gatunek	Równanie	Współczynnik korelacji
Żyto	$E_k = -0,235w^2 + 4,364w - 0,018p + 65,01$	R = 0,975
Pszenica	$E_k = -0,023w^2 + 0,046w - 0,049p + 98,0$	R = 0,908
Pszenżyto	$E_k = 0,192w^2 - 8,383w - 0,028p + 173,1$	R = 0,963
Owies	$E_k = 0,169w^2 - 7,463w - 0,203p + 60,63$	R = 0,853
Jęczmień	$E_k = 0,148w^2 - 6,296w - 0,104p + 151,7$	R = 0,905

Źródło: obliczenia własne



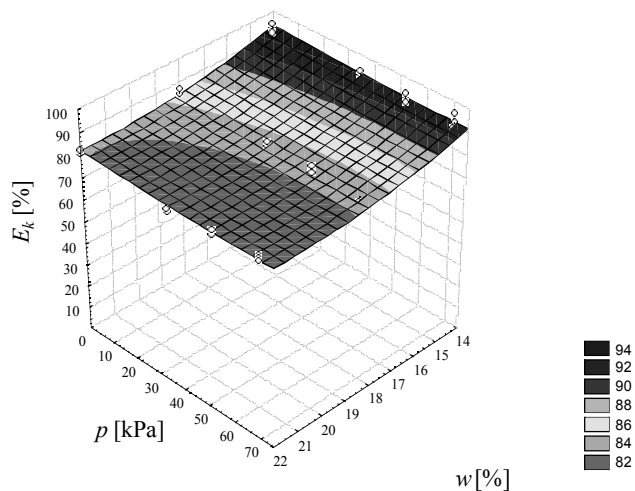
Rys. 2. Zmiany energii kiełkowania E_k ziarniaków żyta w zależności od wilgotności w i nacisku pionowego p

Fig. 2. Changes of germination energy E_k of rye caryopses depending on moisture w and vertical load p



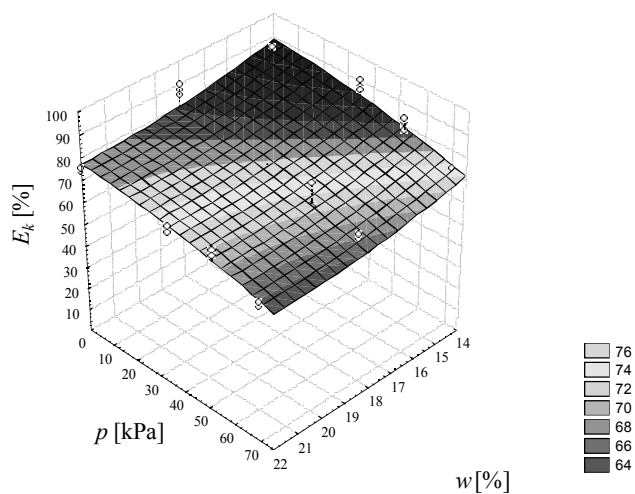
Rys. 3. Zmiany energii kiełkowania E_k ziarniaków pszenicy w zależności od wilgotności w i nacisku pionowego p

Fig. 3. Changes of germination energy E_k of wheat caryopses depending on moisture w and vertical load p



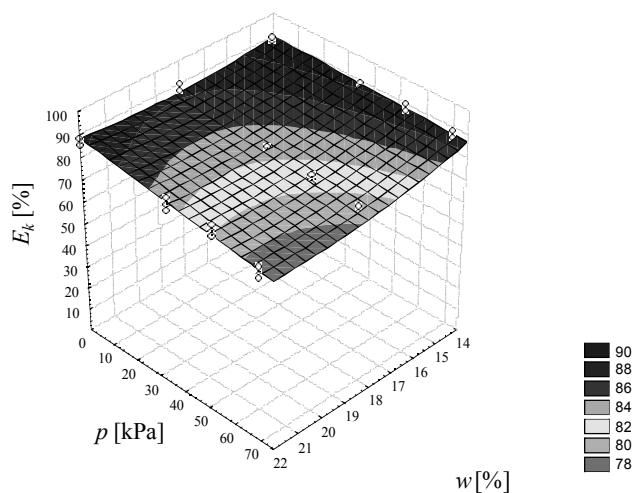
Źródło: obliczenia własne

Rys. 4. Zmiany energii kiełkowania E_k ziarniaków pszenżyta w zależności od wilgotności w i nacisku pionowego p
 Rys. 4. Changes of germination energy E_k of triticale caryopses depending on moisture w and vertical load p



Źródło: Obliczenia własne

Rys. 5. Zmiany energii kiełkowania E_k ziarniaków owsa w zależności od wilgotności w i nacisku pionowego p
 Fig. 5. Changes of germination energy E_k of oat caryopses depending on moisture w and vertical load p



Źródło: obliczenia własne

Rys. 6. Zmiany energii kiełkowania E_k ziarniaków jęczmienia w zależności od wilgotności w i nacisku pionowego p
 Fig. 6. Changes of germination energy E_k of barley caryopses depending on moisture w and vertical load p

Spośród badanych surowców największy wpływ wilgotności i nacisku pionowego na energię kiełkowania zaobserwowano dla ziarniaków żyta. Przy maksymalnym wstępnym obciążeniu dla ziarniaków o wilgotności 22% zarejestrowano spadek zdolności kiełkowania do poziomu 36%, podczas gdy dla ziarniaków o wilgotności 12% i nie poddanych obciążeniu zarejestrowano wartość energii kiełkowania wynoszącą 82%. W przypadku ziarniaków pszenicy wystąpił niewielki, ale istotny statystycznie wpływ obciążenia wstępnego ziarniaków i ich wilgotności na energię kiełkowania. W tym przypadku energia kiełkowania ziarniaków o wilgotności 14% obciążanych w zakresie od 0 do 70 kPa wynosiła od 91% do 94%, natomiast o wilgotności 22% zakres zawierała się w przedziale od 81% do 88%. Zakres zmian energii kiełkowania ziarniaków pszenżyta był zbliżony do zmian obserwowanych w przypadku pszenicy i tak najniższą wartość energii kiełkowania zaobserwowano dla ziarniaków o wilgotności 22% i obciążonych do poziomu 52,5 i 70 kPa, natomiast najwyższą wartość zarejestrowano dla ziarniaków o wilgotności 14% nieobciążonych - 93%. W przypadku owsa przy wilgotności ziarniaków wynoszącej 22% energia kiełkowania przy obciążeniu 70 kPa spada do 63%, podczas gdy energia kiełkowania ziarniaków o wilgotności 14% zawiera się w przedziale od 71% do 88%. Energia kiełkowania ziarniaków jęczmienia o wilgotności 14% wynosi ok. 88%, natomiast o wilgotności 22% w zależności od obciążenia wynosi od 76% do 86%. Reasumując można stwierdzić, że energia kiełkowania badanych ziarniaków zależy istotnie od wartości obciążenia statycznego i ich wilgotności. Podstawową przyczyną spadku energii kiełkowania jest odkształcenie i uszkodzenie ziarna spowodowane wysoką zawartością wody i obciążeniem zewnętrznym.

Wpływ wilgotności ziarniaków...

Badania wykazały, że statystycznie istotny wpływ na zdolność kiełkowania (Z_k) badanych ziarniaków ma ich wilgotność oraz nacisk pionowy, jakiemu były poddane (tabela 3).

Tabela 3. Wpływ temperatury i nacisku pionowego na zdolność kiełkowania (Z_k) badanych gatunków zbóż
Table 3 Influence of temperature and vertical load on germination ability (E_k) of the researched grain varieties

Zmienna	Wartość	Gatunek				
		Żyto	Pszenica	Pszenżyto	Owies	Jęczmień
Temperatura [°C]	14	36,50 a	95,26 a	94,25 a	86,08 a	88,83 ab
	18	77,83 b	95,25 a	92,00 a	86,75 ab	91,33 bc
	22	84,75 c	92,50 b	91,25 b	85,08 bc	88,83 c
Nacisk pionowy [kPa]	0	68,67 a	95,01 a	94,89 a	80,33	95,56 a
	35	67,00 b	94,78 a	93,56 b	88,44 b	93,67 bc
	52	65,78 b	95,01 a	91,89 c	80,11 c	90,78 cd
	70	64,00 c	93,89 b	89,67 c	80,33 d	85,67 d

Średnie w kolumnach dla temperatury i nacisku pionowego oznaczone tą samą literą nie różnią się przy $\alpha = 0,05$
Means in columns for temperature and vertical load marked with the same letter do not differ at $\alpha = 0.05$

Źródło: obliczenia własne

Zależność zdolności kiełkowania od wilgotności ziarniaków (w) i nacisku pionowego (p) opisano dla wszystkich badanych zbóż przy pomocy równań drugiego stopnia (tabela 4).

Tabela 4. Równania regresji opisujące zależność zdolności kiełkowania Z_k [%] od wilgotności [%] i nacisku pionowego [kPa]
Table 4. Regression equations describing relation of germination ability E_k [%] to moisture [%] and vertical load [kPa]

Gatunek	Równanie	Współczynnik korelacji
Żyto	$Z_k = -0,513w^2 + 14,65w - 0,066p - 7,329$	R=0,995
Pszenica	$Z_k = -0,019w^2 + 0,288w - 0,015p + 95,55$	R=0,841
Pszenżyto	$Z_k = -0,041w^2 - 1,829w - 0,068p + 114,8$	R=0,801
Owies	$Z_k = -0,048w^2 + 0,721w - 0,172p + 78,04$	R=0,798
Jęczmień	$Z_k = 0,073w^2 - 3,146w - 0,111p + 128,6$	R=0,915

Źródło: obliczenia własne

Analiza uzyskanych równań regresji wskazuje, że najlepsze ich dopasowanie uzyskano dla ziarniaków żyta ($R^2=0,95$). W pozostałych przypadkach otrzymano niższe wartości współczynnika R ($R=0,9$). Przeprowadzone badania wykazały, że w zdecydowanej większości przebadanych przypadków ziarniaki poddane obciążeniu nie nadają się na materiał siewny z powodu zbyt małej zdolności kiełkowania.

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wpływ na energię i zdolność kiełkowania badanych ziarniaków ma ich wilgotność oraz nacisk pionowy.
2. Wyższy nacisk pionowy ziarniaków powoduje w większości przypadków spadek ich energii i zdolności kiełkowania.
3. Wzrost wilgotności ziarniaków poddanych naciskowi pionowemu skutkuje obniżeniem ich energii i zdolności kiełkowania.
4. Zależność energii i zdolności kiełkowania od wilgotności ziarniaków i nacisku pionowego opisano dla wszystkich badanych zbóż przy pomocy równań drugiego stopnia.
5. W zdecydowanej większości przebadanych przypadków ziarniaki poddane naciskowi pionowemu nie nadają się na materiał siewny z powodu zbyt małej zdolności kiełkowania.

Bibliografia

- Bowszys J.** (2006): Doskonalenie technologii suszenia i przechowywania w cylindrycznych silosach zbożowych. Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie, WAR, 302, 106.
- Fraćzek J., Slipek Z.** (1997): Influence of moisture content and number of mechanical impact upon energy and sprouting capacity of wheat grains. *International Agrophysics*, 12, 97-101.
- Grzesiuk S., Górecki R.** (red.) (1994): Fizjologia plonów. Wprowadzenie do przechwalnictwa. Wydawnictwo ART Olsztyn, ISBN 83-86497-01-7.
- Guz T., Kobus Z., Kusińska E., Nadulski R., Oszczak Z.** (2011): Wpływ nacisków masy ziarna składowanego w silosie na zmiany cech geometrycznych pszenicy. *Inżynieria Rolnicza*, 4(129), 59-66
- Kobus Z., Guz T., Kusińska E., Nadulski R., Oszczak Z.** (2010): Wpływ wilgotności na wybrane właściwości fizyczne pszenżyta odmiany Pawo. *Inżynieria Rolnicza*, 3(121), 61-67.
- Kusińska E.** (2006): Wpływ przechowywania pszenicy w silosie prostopadłościennym na indeks twardości ziarna. *Inżynieria Rolnicza*, 7(82), 277-284.
- Kusińska E.** (2008): Wpływ warunków przechowywania ziarna pszenicy na zdolność kiełkowania. *Inżynieria Rolnicza*, 9(107), 165-171.
- Kusińska E., Grundas S.** (2006): Wpływ procesu samozagrzewania ziarna pszenicy na jego twardość technologiczną. Teoria i praktyka rozvitku APK. *Materiali miżnarodnogo naukowo-practicznego forumu*, 19-20 veresnia 2006 roku, Lviv, 2. 311-317.
- Szot B.** (1983): Czynniki kształtujące odporność ziarna pszenicy na obciążenia. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 258. 437-447.
- Polska Norma. 1979: PN-79/R-65950. Materiał siewny. Metody badania nasion, Polski Komitet Normalizacji i Miar.
- StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.

INFLUENCE OF CARYOPSES MOISTURE AND VERTICAL LOAD ON THEIR ENERGY AND GERMINATION ABILITY

Abstract. During storing seeds of grains, pressure of higher layers causes deformation of caryopses and may influence decrease of their germination ability. The purpose of the work was to evaluate germination ability and energy of caryopses of five grain varieties of different moisture stored in conditions simulating loads occurring in large-seized silos. Seed mass was being loaded for 7 days in specially designed steel containers applying a vertical load of the following values: 35, 52.5 and 70 kN. Then, after disloading, caryopses were subjected to evaluation of germination energy and ability according to the Polish Standard. It was determined that germination energy and ability depends significantly on the value of vertical load and their moisture. It was proved that in most cases caryopses, which were subjected to load are not good enough for a sowable material because of too low germination ability.

Key words: silo, vertical load, grain seed, germination ability, germination energy

Adres do korespondencji:

Rafał Nadulski; e-mail: rafal.nadulski@up.lublin.pl
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-280 Lublin