

KRYSTYNA KOLASIŃSKA

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wartość siewna i reakcja ziarniaków zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych na stres suszy symulowanej glikolem polietylenowym*

Seed sowing value and reaction of spring cereals produced in organic seed crops to drought stress induced by polyethylene glycol

Celem pracy było określenie zdolności kiełkowania i wigoru oraz reakcji ziarniaków zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych na kiełkowanie w warunkach niedoboru wody. Ponadto oceniano wartość przechowalniczą ziarniaków. Materiał doświadczalny stanowiło ziarno zbóż jarych z 2004, 2005 i 2006 roku zbioru. Badano po trzy odmiany jęczmienia (Atol, Rataj, Rodos) i pszenicy (Koksa, Korynta, Torka) oraz dwie odmiany owsa, w tym jedną nieoplewioną (Chwat, Polar). Ziarno zbóż pochodziło z plantacji nasiennych zakwalifikowanych w stopniu C/1 jako ekologiczne plantacje nasienne. Oceniano zdolność kiełkowania (Zk) i wigor ziarna stosując zasady zawarte w przepisach i zaleceniach ISTA. Oceniając wigor, badano szybkość kiełkowania ziarniaków i wzrost siewek w temperaturze optymalnej 20°C (podobnie jak zdolność kiełkowania) oraz elektroprowadność roztworu powstałego po moczeniu ziarna. Wartość przechowalniczą oceniano na podstawie liczby siewek normalnie skiełkowanych po zabiegu sztucznego starzenia (AA-test). Badano kiełkowanie ziarna w warunkach niedoboru wody symulowanej glikolem polietylenowym PEG 6000. Stosowano następujące poziomy suszy: -0,2 (S1), -0,4 (S2), -0,6 (S3), -0,8 (S4) MPa. Zdolność kiełkowania ziarna zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych wynosiła od 79% do 93% i dla większości ocenianych odmian spełniała wymagania standardów wartości siewnej czyli była wyższa niż 85%. Wigor oraz wartość przechowalnicza ziarniaków badana przy użyciu testu sztucznego starzenia była dobra dla owsa i pszenicy, a dla jęczmienia bardzo dobra. Reakcja ziarniaków na suszę podczas kiełkowania była zróżnicowana, przy czym ziarno nieoplewionej odmiany owsa Polar okazało się mniej wrażliwe niż odmiany oplewionej Chwat i badanych odmian pszenicy i jęczmienia.

Słowa kluczowe: zboża jare, ekologiczna produkcja nasienne, stres suszy

The aim of the work was to evaluate germination capacity, vigour and reaction to drought stress of cereal seeds produced under organic system. Moreover, seed storage quality was assessed. Seeds of

* Badania prowadzone w ramach projektu MRiRW Nr HOR re-401-175

spring barley, oats and wheat coming from the harvest of 2004, 2005 and 2006 were used. Seed were sampled from the field classified in grade C/1 as organic seed crop. Germination (Zk) and vigour tests were done according to ISTA recommendations. To assess seed vigour, a rate of seed germination and of seedling growth at optimal temperature (like for assessing germination capacity) as well as conductivity of electrolyte leakage as a resultant of seeds micturition were determined. Seed storage quality was evaluated as the percentage of normal seedlings after performing accelerated ageing test (AA-test). Drought stress was simulated by using polyethylene glycol PEG 6000 in order to obtain the following osmotic potentials of water solution -0,2 (S1), -0,4 (S2), -0,6 (S3), -0,8 (S4) MPa. The seed germination capacity of spring cereals produced in organic seed crop ranged from 79% to 93%, and for the prevalent number of cultivars it fulfilled the requirements for certified seed (>85%). Seed vigour and storage quality evaluated by using the accelerated ageing test were estimated as good for oats and wheat, and as very good for barley. Reaction of seeds to drought stress was different and depended on cereals species and cultivar. Seeds of hull-less oats cv. Polar were found to be less susceptible than seeds of hulled cv. Chwat, or those of wheat or barley.

Key words: spring cereals, organic seed crop, drought stress

WSTĘP

Wymagania glebowe, wodne, nawozowe oraz tolerancja na stesy środowiskowe w czasie kiełkowania i w początkowej fazie wegetacji roślin oraz właściwy dobór odmian są jednym z ważniejszych kryteriów powodzenia ekologicznej uprawy roślin (Praca zbiorowa, 2004; Kuś i Bochniarz, 1999). Na potrzebę stosowania odmian odpornych lub co najmniej tolerancyjnych wskazuje wielu autorów biorących udział w pierwszej światowej konferencji dotyczącej nasion ekologicznych (Groot i in., 2004). Susza jest jednym z ważniejszych czynników obniżających kiełkowanie nasion i wschody roślin, a w rezultacie ograniczających produkcję. Dotyczy to przede wszystkim produkcji ekologicznej zbóż, ponieważ jest ona często prowadzona na glebach lżejszych, słabiej utrzymujących wodę. W warunkach laboratoryjnych symulowanie suszy w środowisku kiełkowania nasion można uzyskać poprzez dodanie do podłoża substancji osmotycznie czynnej np. glikolu polietylenowego — PEG (Michel, 1983).

Szybkość utraty zdolności kiełkowania w czasie przechowywania (zdolność przechowalnicza) można określać poprzez sztuczne wywoływanie starzenia nasion (deterioracji) w warunkach wysokiej temperatury i wilgotności względnej środowiska. Uważa się, że ziarniaki o wysokim wigorze poddane działaniu wysokiej temperatury i wilgotności środowiska, powodujących szybkie uszkodzenia, ulegają degradacji w mniejszym stopniu niż ziarniaki o niskim wigorze (TeKrony, 1993). Natomiast ocenę wigoru różnych partii nasion można przeprowadzać badając np. szczelność błon komórkowych uwarunkowaną zmianami zarówno fizycznymi (pęknięcia) jak też biochemicznymi. Zmiany te można wykryć na podstawie pomiaru ilości elektrolitów wyciekających z nasion do wody, w której moczyły się nasiona — pomiar elektroprzewodnictwa roztworu (ISTA, 1995; TeKrony i Egli, 1991). Ocena wartości siewnej zarówno pod względem zdolności kiełkowania jak też wigoru nasion pozwala na bardziej dokładne przewidywanie reakcji na zróżnicowane, często niekorzystne, warunki środowiska w czasie przechowywania, kiełkowania i wschodów (TeKrony i Egli, 1991).

Celem pracy było określenie zdolności kiełkowania i wigoru oraz reakcji ziarniaków zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych na kiełkowanie w warunkach niedoboru wody. Ponadto oceniano zdolność przechowalniczą ziarniaków.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny stanowiło ziarno zbóż jarych z 2004, 2005 i 2006 roku zbioru. Badano po trzy odmiany jęczmienia (Atol, Rataj, Rodos) i pszenicy (Koksa, Korynta, Torka) oraz dwie odmiany owsa, w tym jedną nieoplewioną (Polar, Chwat). Ziarno zbóż pochodziło z plantacji nasiennych zakwalifikowanych w stopniu C/1 jako ekologiczne plantacje nasienne (do siewu użyto nasion w stopniu B otrzymanych od hodowcy) (Dz.U., 2004). Od zbioru do wczesnej wiosny ziarno było przechowywane w magazynie producenta w zmiennych, niekontrolowanych, warunkach temperatury i wilgotności względnej powietrza. Następnie, po przygotowaniu partii nasion do kwalifikacji laboratoryjnej, próbki wielkości około 1 kg zostały pobrane zgodnie z obowiązującymi przepisami (ISTA, 2004) przez urzędowego próbobiorcę i przekazane do opisywanych badań laboratoryjnych. Metodyka badań obejmowała ocenę zdolności kiełkowania (Zk) i wigoru ziarniaków. Badanie standardowej zdolności i szybkości kiełkowania ziarniaków (średni czas kiełkowania) przeprowadzano na bibule w temperaturze 20°C stosując 4 powtórzenia po 50 sztuk ziarniaków (ISTA, 2004). Obliczano średni czas kiełkowania jednego ziarniaka według wzoru polecanego przez Alvarado i wsp. cytowanych za Ruan i wsp. (2002). W optymalnych warunkach środowiska, analogicznych jak dla oceny zdolności kiełkowania, badano szybkość wzrostu siewek mierząc długość pierwszego liścia i korzenia pierwotnego (4 powtórzenia po 25 szt.). Wigor ziarniaków badano przy zastosowaniu metody konduktometrycznej. Ziarniaki (2 × 100 szt) umieszczano w zlewce z wodą redestylowaną (75 ml.) o znanej przewodności elektrycznej i pozostawiano w warunkach temperatury 25°C na 24 godziny, w ciemności. Następnie mierzono elektroprzewodnictwo roztworu powstałego po moczeniu ziarniaków. Ponadto oceniano wartość przechowalniczą ziarniaków przy zastosowaniu metody sztucznego starzenia — AA-test. Test sztucznego starzenia, zwany także przyspieszonym starzeniem (accelerated ageing test), polegał na sztucznej degradacji ziarniaków w warunkach temperatury 41°C przez 72 (AA-1) lub przez 96 godzin (AA-2) oraz maksymalnej wilgotności względnej powietrza — 95%, a następnie ocenie kiełkowania w warunkach analogicznych do standardowej oceny zdolności kiełkowania (Modarresi i in., 2002). Wilgotność ziarniaków przed zabiegiem doprowadzono do poziomu 20%. Badanie reakcji ziarna na suszę przeprowadzano oceniając kiełkowanie na podłożu bibułowym nasączonym do 60% pojemności wodnej roztworem PEG 6000, doprowadzając przedtem wilgotność ziarniaków do 15% oraz odkazając 1% roztworem podchlorynu sodu (NaOCl). Stosowano trzy poziomy suszy: S1 — 116 g, S2 — 170 g, S3 — 212g i S4 — 248 g PEG/litr H₂O, co odpowiada potencjałom osmotycznym: -0,2, -0,4, -0,6 i -0,8 MPa. Uzyskane wyniki były poddane analizie statystycznej przy zastosowaniu programu SAS (SAS 2004 i 2004 a).

WYNIKI I DYSKUSJA

Ziarniaki badanych odmian były dość drobne pomimo czyszczenia na sitach sortujących. Masa tysiąca ziaren w zależności od roku zbioru i odmiany wynosiła od 33,9 do 48,8 g dla jęczmienia, od 21,5 do 32,31 g dla owsa i od 28,3 do 71,6 g dla pszenicy (doniesienie ustne). Kuś i Bochniarz (1999) sugerują, że drobniejsze ziarno pochodzące z ekologicznych upraw zbóż jest wynikiem porażenia liści i kłosów przez choroby grzybowe, które nie są zwalczane chemicznie. Badane ziarno było dość suche i wilgotność ziarniaków użytych w doświadczeniach laboratoryjnych wynosiła około 12–13%. Czystość ziarna wynosiła od 95,0 do 100%. W analizowanym materiale występowały nasiona innych roślin uprawnych jak gryka, seradela, groch, wyka w ilości przekraczającej wielkości dopuszczalne. Ponadto licznie występowały ziarniaki innych zbóż, a najczęściej występującym chwastem zastrzeżonym były nasiona rzodkwi świrzepy (doniesienie ustne).

Tabela 1

Zdolność kiełkowania i wigor ziarniaków zbóż jarych w zależności od odmiany - średnia z 3 lat
Seed germination and seed vigour of spring cereals depending on the cultivar – mean values for 3 years

Gatunek Species	Odmiana Cultivar	Zdolność kiełkowania Germination			Test Perry'ego Perry test		Średni czas kiełkowania Mean germination time (dni/days)	Elektroprze- wodnictwo Conductivity (μ S/cm/g)
		siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)	długość plumuli plumule length (mm)	długość korzenia pierwotnego primary root length (mm)		
Jęczmień Barley	Atol	93,0 a	2,5 b	4,0 b	79,3 b	150,1 NS	3,0 b	41,6 NS
	Rodos	79,0 b	12,5 a	8,5 a	89,6 a	158,8 NS	3,3 a	46,4 NS
	Rataj	87,3 a	3,2 b	8,4 a	80,3 b	167,8 NS	3,3 a	40,7 NS
Owies Oats	Chwat	83,8 NS	2,2 NS	13,6 a	107,2 a	134,5 NS	4,5 a	65,8 a
	Polar	87,4 NS	3,6 NS	9,0 b	119,9 a	128,0 NS	3,8 b	50,8 a
Pszenica Wheat	Koksa	89,8 a	7,0 a	2,5 b	88,1 b	162,9 NS	3,7 b	23,8 b
	Korynta	82,5 b	6,3 a	6,0 a	84,9 c	159,0 NS	3,5 b	19,6 c
	Torka	88,0 a	2,7 b	8,2 a	91,1 a	134,8 NS	8,4 a	27,3 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — Nieistotne; Not significant

Zdolność kiełkowania ziarniaków badanych gatunków zbóż wynosiła od 79,0 do 93,0% (tab. 1). Ziarno owsa kiełkowało na jednakowym poziomie odpowiednio dla odmiany oplewionej Chwat i nieoplewionej Polar 83,8 i 87,4% — różnica nieistotna statystycznie. Także liczba siewek nienormalnie kiełkujących była podobna, a udział ziarniaków pleśniejących był wyższy dla odmiany oplewionej Chwat o 4,6%. Ziarno jęczmienia odmiany Rodos kiełkowało najslabiej (79%) — poniżej wymagań standardów jakości określonych w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Dz.U.2004). Występowanie siewek nienormalnych i nasion martwych był również wysoki — odpowiednio 12,5 i 8,5%. Natomiast spośród badanych trzech odmian pszenicy, zdolność kiełkowania ziarniaków Korynty była najniższa (82,5%) i nie spełniała wymagań. Warunki wzrostu roślin i dojrzewania ziarna miały istotny wpływ na wyniki zdolności kiełkowania

(tab. 2). Dla ziarniaków owsa najlepszym okazał się rok 2006 — zdolność kiełkowania była najwyższa (90,9%) oraz zarówno udział siewek nienormalnych (2,2%) jak i nasion martwych był najniższy (6,9%). Również dla ziarniaków jęczmienia najlepszym okazał się rok 2006. Ziarniaki pszenicy, kiełkowały podobnie w 2004 i w 2006 (odpowiednio 84,3 i 84,0%) i słabiej niż w 2005 roku (90,1%).

Tabela 2

Zdolność kiełkowania i wigor ziarniaków zbóż jarych w zależności od roku zbioru
Seed germination and seed vigour of spring cereals depending on the year of harvest

Gatunek Species	Rok zbioru Year of harvest	Zdolność kiełkowania Germination			Test Perry'ego Perry test		Średni czas kiełkowania Mean germination times (dni/days)	Elektroprze- wodnictwo Conductivity μS/cm/g
		siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe/ dead seeds (%)	długość plumuli plumule length (mm)	długość korzenia pierwotnego primary root length (mm)		
Jęczmień Barley	2004	83,0 b	10,5 a	6,2 b	88,8 a	165,9 b	2,1 b	50,4 b
	2005	87,3 b	2,2 b	9,7 a	72,3 b	144,2 c	4,2 a	32,1 c
	2006	97,3 a	1,3 c	0,7 c	95,6 a	191,3 a	4,6 a	56,4 a
Owies Oats	2004	85,5 b	2,3 NS	11,8 a	108,8 NS	133,3 NS	2,5 c	48,1 b
	2005	80,5 b	4,5 NS	15,0 a	127,1 NS	143,9 NS	4,3 b	39,8 b
	2006	90,9 a	2,2 NS	6,9 b	109,9 NS	120,4 NS	5,4 a	74,9 a
Pszenica Wheat	2004	84,3 b	5,0 NS	6,0 b	91,6 a	150,2 a	2,8 c	21,2 b
	2005	90,1 a	5,5 NS	4,0 b	91,2 a	166,3 a	4,6 b	22,1 b
	2006	84,0 b	3,3 NS	12,7 a	70,9 b	98,8 b	19,7 a	39,0 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — Nieistotne; Not significant

Ziarniaki badanych odmian zbóż, w warunkach optymalnych, takich jak podczas oceny zdolności kiełkowania (20°C), kiełkowały wolno — średni czas kiełkowania jednego ziarniaka wynosił 3,0 do 8,4 dnia (tab. 1). Najwolniej kiełkowały ziarniaki pszenicy odmiany Torcka osiągając przy tym najdłuższy liść (91,1 mm) i dobrą zdolności kiełkowania. Tempo kiełkowania ziarniaków dwóch odmian owsa o podobnej zdolności kiełkowania była różna. Ziarniaki nieoplewione kiełkowały szybciej, odpowiednio średni czas kiełkowania 1 ziarniaka odmiany Polar wynosił 3,8, a Chwat 4,5 dnia. Szybkość wzrostu i rozwoju pierwszego liścia i korzenia pierwotnego dla ocenianych odmian owsa była podobna. Długość plumuli badana w terminie oceny zdolności kiełkowania dla wszystkich badanych odmian wynosiła od 79,3 do 119,9 mm, a najdłuższego korzenia od 134,5 do 167,8 mm. Długość korzenia pierwotnego dla odmian wszystkich badanych gatunków była podobna — różnica nieistotna statystycznie.

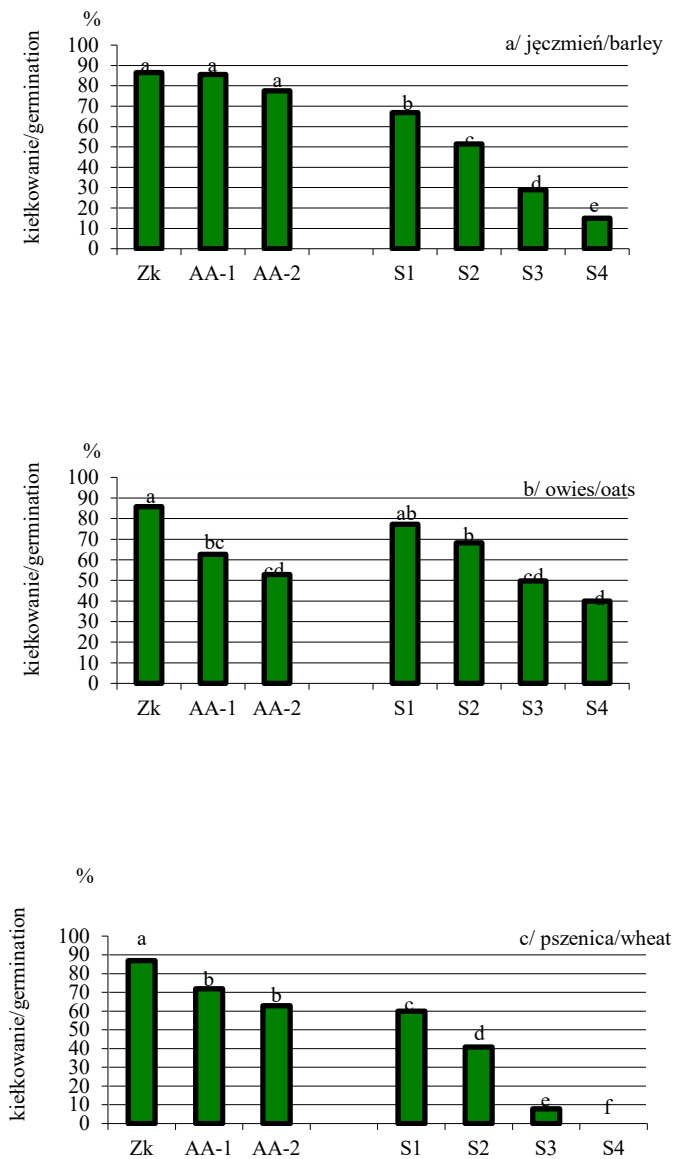
Inny parametr wigoru nasion, elektroprzewodnictwo, wskazuje na stopień uszkodzenia błon komórkowych zarodka i okrywy owocowo-nasiennej, a w konsekwencji na ilość elektrolitów wyciekających z nasion do wody, w której się moczyły. Niższe elektroprzewodnictwo świadczy o wyższym, a wyższe o niższym wigorze. W omawianym doświadczeniu uzyskany wynik elektroprzewodnictwa wskazuje na to, że warunkach

ekologicznych wyprodukowano materiał siewny jęczmienia o podobnym wigorze. Dla badanych dwóch odmian owsa elektroprzewodnictwo wód nastoinowych było podobne — 50,8 i 65,8 $\mu\text{S cm/g}$ (tab. 1). Modarresi i wsp. (2002) oceniając ziarno sześciu partii pszenicy uzyskali wyniki w granicach od 21,3 do 45,0 $\mu\text{S/cm/g}$ dla wysokiej i mniej zróżnicowanej niż omawiane wyniki, zdolności kiełkowania — od 92 do 98%.

Elektroprzewodnictwo wód nastoinowych oraz szybkość wydłużania się pierwszego liści i korzenia pierwotnego wskazujące na wigor badanych ziarniaków były najkorzystniejsze dla pszenicy w 2004 i 2005 roku zbioru (tab. 2). Natomiast ziarniaki owsa zebrane w 2006 roku o najwyższej zdolności kiełkowania kiełkowały najwolniej – średni czas kiełkowania jednego ziarniaki wynosi 5,4 dnia. Tempo kiełkowania ziarniaków badanych odmian jęczmienia zebranych na plantacjach ekologicznych w 2005 i 2006 roku o różnej zdolności kiełkowania było analogiczne — średni czas kiełkowania wynosił odpowiednio 4,2 i 4,6 dnia.

Badano zdolność przechowalniczą oraz reakcję ziarna na stres suszy podczas kiełkowania. Wyniki zostały przedstawione w tabelach od 3 do 6 i na rysunkach od 1 do 3. Interpretacja wyników była zgodna ze wskazaniami Mądrego (1998). Poddanie ziarniaków badanych zbóż stresowym warunkom wysokiej temperatury 41°C i wilgotności względnej powietrza 95% przez 72 (AA-1) lub 96 godzin (AA-2) spowodowało na ogół obniżenie kiełkowania w porównaniu do początkowej zdolności kiełkowania (Zk). Przyspieszona degradacja spowodowała wzrost występowania ziarniaków martwych, spleśniałych nawet do 50% oraz siewek nienormalnie kiełkujących do około kilkunastu procent. W terminie oceny, analogicznym do oceny zdolności kiełkowania, a więc od 7 do 10 dni w zależności od gatunku (ISTA 2004), na podłożu pozostawały jeszcze ziarniaki zdrowe, niekiełkujące. Liczba ziarniaków kiełkujących normalnie przed zabiegiem starzenia (Zk) jak i po zabiegu (AA-test) była różna dla owsa i pszenicy oraz podobna dla jęczmienia (rys. 1 a, b, c). Wyniki przedstawione na rysunku 1 a dowodzą, że odporność ziarna jęczmienia na stresowe warunki wysokiej temperatury i wilgotności względnej powietrza i tym samym zdolność przechowalnicza była wysoka. Statystycznie nie udowodniono istotnej różnicy pomiędzy liczbą ziarniaków jęczmienia kiełkujących normalnie przed i po zabiegu sztucznego starzenia. Nie udowodniono również wpływu czasu starzenia, 72 lub 96 godziny, na wyniki kiełkowania ziarniaków wszystkich badanych gatunków zbóż. Spadek liczby siewek normalnych po sztucznej degradacji ziarniaków owsa był wysoki i wynosił nawet 33% dla AA-2 (rys. 1 b). Kiełkowanie ziarniaków pszenicy o początkowej zdolności kiełkowania 85,4% również było słabsze po zabiegu starzenia o kilkanaście procent (rys. 1 c).

Ziarniaki jęczmienia odmiany Atol i Rodos wydały około 90% i 80% siewek normalnych, a odmiany Rataj 80,3% i 74,3% odpowiednio dla AA-1 i AA-2 i reakcja wszystkich badanych odmian jęczmienia była podobna (tab. 3, rys. 2 a).



Rys. 1. Kielkowanie ziarna zbóż jarych po zabiegu starzenia (AA-test) i w warunkach suszy — średnia z 3 lat

Fig. 1. Seed germination of spring cereals after accelerated ageing test (AA-test) and under drought conditions — mean values for 3 years

Tabela 3

Kielkowanie ziarna zbóż jarych poddanych starzeniu (AA-test) w zależności od odmiany — średnia z 3 lat
Seeds germination of spring cereals after accelerated ageing depending on the cultivar — mean values
for 3 years

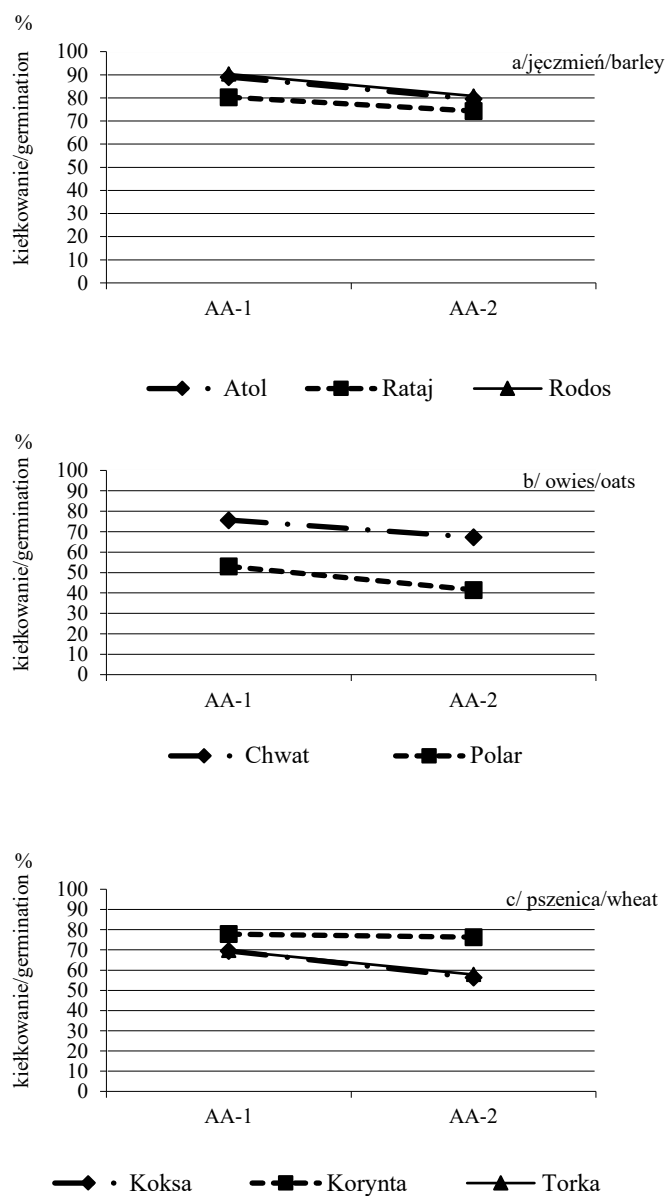
Gatunek Species	Odmiana/ Cultivar	AA-1			AA-2		
		siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)	siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)
Jęczmień Barley	Atol	89,0 a	5,5 b	5,0 c	79,5 b	11,0 a	7,3 c
	Rodos	90,3 a	4,0 b	5,7 b	80,8 a	5,8 b	10,8 b
	Rataj	80,3 b	7,5 a	9,0 a	74,3 c	6,2 b	15,8 a
Owies Oats	Chwat	75,7 a	3,5 NS	19,0 b	67,3 a	2,0 NS	30,0 b
	Polar	53,0 b	2,3 NS	26,8 a	41,5 b	5,7 NS	50,8 a
Pszenica Wheat	Koksa	69,5 b	12,5 a	12,3 b	56,3 b	15,8 a	22,8 a
	Korynta	77,8 a	5,8 a	11,8 b	76,3 a	7,5 b	13,0 b
	Torka	69,7 b	6,3 a	21,3 a	57,8 b	6,0 b	31,7 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

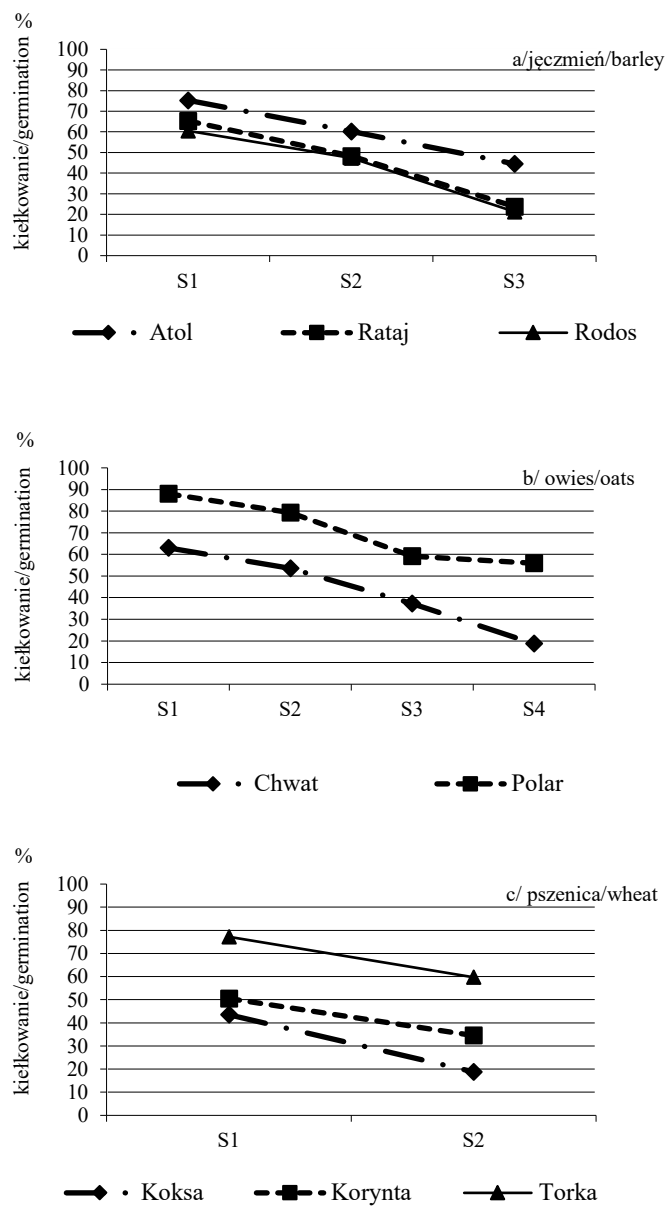
Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — nieistotne; not significant

Spośród badanych trzech odmian jęczmienia ziarniaki odmiany Rataj najgorzej reagowały na niekorzystne warunki AA-testu niezależnie od czasu starzenia. Obserwowano od 6,2 do 7,5% ziarniaków nienormalnie kiełkujących i najczęściej spleśniałych (tab. 3). Ziarniaki odmiany nieoplewionej owsa Polar gorzej kiełkowały po zabiegu starzenia niż odmiany oplewionej Chwat. Liczba siewek normalnych wynosiła odpowiednio dla ziarniaków odmiany Polar i Chwat 53,0 i 75,7% dla AA-1 oraz 41,5 i 67,3% dla AA-2. Pomimo, że obserwowano wyraźnie słabsze kiełkowanie ziarniaków odmiany Polar niż Chwat, to jednak reakcja obu odmian na sztuczną degradację była podobna (rys. 2 b). Wiewióra (2003) potwierdza mniejszą zdolność przechowalniczą nieoplewionych ziarniaków, wprawdzie jęczmienia jarego Rastik nie owsa, i uważa, że może to być związane także z większą podatnością na choroby. White i wsp. (1999) wykazał również, że w niekorzystnych warunkach AA-testu ziarniaki form nieoplewionych szybciej tracą wartość siewną niż ziarniaki form oplewionych. Natomiast spośród badanych odmian pszenicy najbardziej odporne na stresowe warunki AA-testu okazały się ziarniaki odmiany Korynta — 77,8 i 76,3% odpowiednio dla AA-1 i AA-2 (tab. 3). Natomiast początkowa zdolność kiełkowania była niższa niż ziarniaków pozostałych odmian. Reakcja ziarniaków odmiany Korynta, która nie spełniała wymagań standardów wartości siewnej, była inna niż odmian Koksa i Torka (rys. 2 c). Należy zaznaczyć, że warunki i czas kiełkowania ziarniaków poddanych sztucznej deterioracji były analogiczne jak dla oceny zdolności kiełkowania (ISTA, 2004). Wykazano wpływ roku zbioru na szybkość degradacji ziarniaków jęczmienia i pszenicy.



Rys. 2. Kielkowanie ziarna zbóż jarych po zabiegu starzenia (AA-test) — średnia z 3 lat
 Fig. 2. Seed germination of spring cereals after accelerated ageing test (AA-test) — mean values for 3 years



Rys. 3. Kielkowanie ziarna zbóż jarych i w warunkach suszy — średnia z 3 lat
 Fig. 3. Seed germination of spring cereals under drought conditions — mean values for 3 years

Dla ziarniaków jęczmienia najkorzystniejszym okazał się 2004 i 2006 rok zbioru, wtedy gdy stresowe warunki starzenia przedłużono z 72 do 96 godzin także rok zbioru 2004. Bardziej odporne okazały się ziarniaki pszenicy ze zbioru 2005 niż 2004 i 2006 i to niezależnie od czasu trwania stresu. Dla ziarniaków badanych odmian owsa rok zbioru nie miał istotnego znaczenia zarówno dla liczby siewek normalnie kiełkujących jak też siewek nienormalnych i ziarniaków martwych (tab. 4).

Tabela 4

Kielkowanie ziarna zbóż jarych poddanych starzeniu (AA-test) w zależności od roku zbioru
Seeds germination of spring cereals after accelerated ageing depending on the year of harvest

Gatunek Species	Rok zbioru Year of harvest	AA-1			AA-2		
		siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)	siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)
Jęczmień Barley	2004	87,0 b	4,7 b	8,2 a	82,3 a	5,8 b	11,8 b
	2005	83,5 c	3,5 b	11,3 a	71,3 b	8,8 a	18,5 a
	2006	88,0 a	8,5 a	2,5 b	82,5 a	1,5 b	12,5 b
Owies Oats	2004	59,0 NS	4,0 NS	35,8 NS	43,8 NS	2,0 NS	53,3 NS
	2005	67,3 NS	4,0 NS	28,0 NS	58,0 NS	2,0 NS	40,0 NS
	2006	62,2 NS	5,8 NS	31,0 NS	54,8 NS	3,7 NS	41,5 NS
Pszenica Wheat	2004	72,2 b	8,0 b	13,0 b	63,5 b	10,0 a	19,8 b
	2005	78,5 a	7,0 c	12,8 b	72,5 a	10,8 a	15,0 c
	2006	51,5 c	10,5 a	34,5 a	30,5 c	2,0 b	62,0 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — Nieistotne; Not significant

Kielkowanie ziarniaków w warunkach niedoboru wody w porównaniu do kiełkowania w warunkach optymalnych (Zk) na ogół było słabsze (rys. 1 a, b, c). Ilość siewek normalnie kiełkujących dla pierwszego poziomu suszy -0,2 MPa (S1) była podobna (owies) lub niższa (jęczmień, pszenica) od około 8 do 27% w stosunku do początkowej zdolności kiełkowania (Zk) ocenianej w warunkach optymalnych. Na drugi poziom suszy -0,4 MPa (S2) ziarniaki wszystkich badanych prób reagowały większym spadkiem kiełkowania niż na pierwszy (S1). Wskaźnik kiełkowania ziarniaków pszenicy był duży i wynosił około 40%. Gdy zastosowano jeszcze wyższy poziom stresu suszy -0,6 MPa (S3) i -0,8 MPa (S4), spadek kiełkowania był jeszcze większy. Procent normalnych siewek dla pszenicy, przy najwyższym poziomie suszy S4, był zerowy, ale ziarniaki nadal pozostały żywotne. Liczba siewek anormalnych w S4 wynosiła ponad 85% i nie było to zależne od odmiany (tab. 5). Gawrońska i Grzelak (1991) obserwowały także obniżenie zdolności do kiełkowania oraz zahamowanie wzrostu siewek pszenicy jarego rozwijających się w warunkach suszy symulowanej glikolem polietylenowym (PEG 6000). Autorki obserwowały jednak jeszcze kiełkowanie ziarniaków (6%) przy poziomie suszy -12 barów, a wynik był zależny od genotypu. Należy zaznaczyć, że zarówno w niniejszych badaniach jak też w badaniach Gawrońskiej i Grzelak (1991) wynik kiełkowania odnosi się tylko do siewek normalnych

(ISTA, 2004), a nie do siewek kiełkujących w ogóle, czyli bez uwzględniania siewek anormalnie kiełkujących, wadliwych.

Tabela 5

Kielkowanie ziarna zbóż jarych w warunkach suszy w zależności od odmiany — średnia z 3 lat
Seeds germination of spring cereals under drought conditions depending on the cultivar — mean values for 3 years

Gatunek Species	Odmiana Cultivar	S1			S2			S3			S4		
		A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)
Jęczmień Barley	Atol	75,3 a	14,8 NS	4,8 c	60,3 a	27,8 NS	4,3 b	44,5 a	41,5 NS	4,0 b	21,8 NS	50,5 NS	4,8 b
	Rodos	60,5 b	16,8 NS	15,0 a	47,3 c	35,8 NS	11,3 a	21,3 b	49,5 NS	15,0 a	17,0 NS	55,5 NS	14,0 a
	Rataj	65,3 b	20,7 NS	12,3 b	48,3 b	32,2 NS	6,7 b	23,8 b	54,5 NS	5,3 b	10,0 NS	64,8 NS	5,3 b
Owies Oats	Chwat	63,0 b	4,5 NS	17,8 a	53,5 b	13,0 a	12,7 a	37,2 b	25,7 a	12,8 a	18,7 b	47,8 a	9,7 b
	Polar	88,0 a	3,5 NS	6,4 b	79,3 a	6,3 b	12,0 a	59,1 a	24,2 a	14,3 a	55,9 a	16,8 b	16,0 a
Pszenica Wheat	Koksa	43,5 b	51,3 a	3,0 NS	18,8 b	74,3 a	5,0 NS	5,3 NS	85,5 a	7,8 NS	0,0	91,3 NS	5,8 NS
	Korynta	50,5 b	35,5 a	5,5 NS	34,5 b	54,8 b	5,5 NS	7,8 NS	79,5 c	3,8 NS	0,0	89,5 NS	3,3 NS
	Torka	77,2 a	14,0 b	5,8 NS	59,7 a	31,5 c	7,2 NS	9,7 NS	80,0 b	7,3 NS	0,0	85,2 NS	7,8 NS

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie (p = 0,05)
 Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at p = 0.05
 NS — nieistotne; not significant
 A — Siewki normalne; Normal seedlings
 B — Siewki nienormalne; Abnormal seedlings
 C — Ziarniki martwe; Dead seeds

Tabela 6

Kielkowanie ziarna zbóż jarych w warunkach suszy w zależności od roku zbioru
Seeds germination of spring cereals under drought conditions depending on the year of harvest

Gatunek Species	Rok zbioru Year of harvest	S1			S2			S3			S4		
		A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)
Jęczmień Barley	2004	66,0 b	10,3 b	9,3 a	57,8 a	15,7 c	7,5 a	41,0 a	18,5 b	10,3 a	26,7 a	21,7 b	9,5 a
	2005	61,5 b	26,7 a	9,0 a	40,3 b	48,8 a	9,3 a	17,7 b	73,3 a	7,5 a	6,5 b	81,2 a	8,0 a
	2006	85,0 a	14,0 ab	1,0 b	65,5 a	30,0 b	0,5 b	27,0 b	70,0 a	0,5 b	8,0 b	89,0 a	1,0 b
Owies Oats	2004	56,0 c	3,3 NS	22,3 a	54,0 b	2,0 b	16,5 a	42,5 b	8,0 a	17,3 a	44,0 NS	12,0 b	11,0 a
	2005	78,8 b	5,8 NS	11,5 b	67,0 b	15,0 a	14,5 a	47,5 ab	33,8 a	18,0 a	37,3 NS	41,0 a	19,5 a
	2006	90,5 a	3,0 NS	6,4 c	78,5 a	12,0 a	6,0 b	56,0 a	33,0 a	5,5 b	39,0 NS	44,0 a	8,0 b
Pszenica Wheat	2004	43,8 b	41,8 a	6,0 NS	28,3 c	59,8 a	6,2 NS	5,0 NS	78,0 b	8,2 NS	0,0	83,7 b	7,0 ab
	2005	71,2 a	24,0 b	3,5 NS	43,5 b	50,7 a	5,2 NS	8,3 NS	87,8 a	3,5 NS	0,0	94,8 a	3,5 b
	2006	74,5 a	18,0 b	6,0 NS	70,0 a	21,0 b	8,5 NS	15,0 NS	72,5 b	10,0 NS	0,0	81,5 b	10,0 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie (p = 0,05)
 Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at p = 0.05
 NS — nieistotne; not significant
 A — Siewki normalne; Normal seedlings
 B — Siewki nienormalne; Abnormal seedlings
 C — Ziarniki martwe; Dead seeds

Szczegółową reakcję ziarna badanych odmian zbóż na kiełkowanie w warunkach suszy przedstawiono na rysunku 3 a, b, c. Bardziej wrażliwe na niedobór wody niż ziarniki owsa

okazały się ziarniaki jęczmienia i pszenicy, a zwłaszcza pszenicy (tab. 5). Wynik ten potwierdza wnioski El-Sharkawi i Springuel (1977), którzy obserwując rozwój siewek pszenicy, jęczmienia i sorga w warunkach niedoboru wody stwierdzili większą wrażliwość na suszę ziarniaków pszenicy niż jęczmienia, wykazując jednocześnie duży wpływ temperatury kiełkowania. Wraz ze wzrostem poziomu suszy i spadkiem liczby siewek normalnie kiełkujących, obserwowano wzrost siewek anormalnych, przy czym nie zawsze udowodniono różnice pomiędzy odmianami (tab. 5). W warunkach niedoboru wody stwierdzono nawet kilkanaście procent ziarniaków martwych, pleśniejących. W omawianych doświadczeniach wprawdzie wykazano wpływ roku zbioru na liczbę ziarniaków kiełkujących normalnie w warunkach suszy, to jednak poziom suszy był czynnikiem decydującym o liczbie siewek normalnych (tab. 6). Ziarno badanych gatunków zbóż zebrane w 2006 roku przy pierwszym poziomie suszy — 0,2 MPa (S1) wydało więcej siewek normalnych niż w 2004 i 2005 roku zbioru. Nie wykazano wpływu roku zbioru na kiełkowanie ziarniaków owsa w warunkach suszy określonej na -0,8 MPa (S4) i pszenicy dla (S3) -0,6 MPa. Ziarniaki pszenicy przy czwartym poziomie suszy nie wydały żadnej normalnej siewki, ale nadał pozostały żywotne, na co wskazuje liczba ziarniaków kiełkujących anormalnie. Natomiast liczba ziarniaków martwych wynosiła od 3,5 do 10% w zależności od roku zbioru.

PODSUMOWANIE

Zdolność kiełkowania ziarna zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych dla większości ocenianych odmian spełniała wymagania standardów wartości siewnej. Wigor ziarniaków oceniany na podstawie szybkości kiełkowania oraz wzrostu plumuli i korzenia pierwotnego, a także elektroprzewodnictwa roztworu powstałego po moczeniu ziarna był dobry. Zdolność przechowalnicza ziarna jęczmienia była dobra, a pszenicy i owsa słabsza. Odporność na suszę w okresie kiełkowania była zróżnicowana, przy czym ziarno owsa, a zwłaszcza nieoplewionej odmiany Polar okazało się mniej wrażliwe niż badanych odmian pszenicy i jęczmienia. Rozwój rolnictwa ekologicznego w Polsce (aczkolwiek powolny) oraz uzyskane wyniki wskazują na potrzebę prowadzenia dalszych badań nad wartością siewną nasion i przydatnością odmian dla rolnictwa ekologicznego.

LITERATURA

- Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej 2007. Nr 41. Ustawa o Nasiennictwie z dnia 26 czerwca 2003 r. Załącznik do Obwieszczenia Marszałka Sejmu RP z dnia 31 stycznia 2007 r. poz. 271.
- Dziennik Ustaw 2004. Nr 59, poz. 565 z dnia 8 marca 2004 r. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania i jakości materiału siewnego.
- Dziennik Ustaw 2007. Nr 29, poz. 189 z dnia 1 lutego 2007 r. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania i jakości materiału siewnego.
- El-Sharkawi H. M., Springuel I. 1977. Germination of some crop plant seeds under reduced water potential. *Seed Sci. & Technol.* 5: 677 — 688.
- Gawrońska H., Grzelak K. 1991. Wpływ stresu suszy symulowanego glikolem polietylenowym (PEG) na kiełkowanie ziarniaków i wzrost siewek pszenżyta jarego (*X Triticosecale* Wittmack). 180: 53 — 64.

- Groot S. P. C., van der Wolf J. M., Jalink H., Langerak C. J., van den Bulk R. W. 2004. Challenges for the production of high quality organic seeds. *ISTA News Bulletin* No. 127 April 2004: 12 — 15.
- International Seed Testing Association. *Handbook of Vigour Test Methods*. 3rd Edition. 1995. ISTA 1995 PO Box 412, 8046 Zurich, Switzerland ISTA.
- ISTA 2004. *International Rules for Seed Testing*. Międzynarodowe Przepisy Oceny Nasion. Boros L., Kolasińska K., Małuszyńska E.(red.). IHAR Radzików, 2004.
- Kuś J., Bochniarz A. 1999. Plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach produkcji roślinnej. *Pam. Puł.* z.118: 233 — 241.
- Mądry W. 1998. *Doświadczalnictwo. Doświadczenia czynnikowe. Wykłady i ćwiczenia*. Wydaw. Fundacja "Rozwój SGGW".
- Michel B. E. 1983. Evaluation of the water potentials of solution of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. *Plant Physiol.* 72: 66 — 70.
- Modarresi M., Rucker M., TeKrony D. M. 2002. Accelerating ageing test for comparing wheat seed vigour. *Seed Sci. & Technol.* 30: 683 — 687.
- Praca zbiorowa pod redakcją W. Nowackiego. 2004. Bodzon Z., Boros L., Kolasińska K., Małuszyńska E., Oleksiak T., Prończuk S., Wołkowski T., Goliszewski W., Nowacki W., Kaszuba J. *Ekologiczna produkcja nasiennej roślin rolniczych. Materiały dla doradców*. Wyd. Krajowe Centrum Rolnictwa Ekologicznego — Regionalnego Centrum Doradztwa Rozwoju Rolnictwa i Obszarów Wiejskich w Radomiu. ISBN 83-89060-63-9: 1 — 166.
- Ruan S., Xue Q., Tylkowska K. 2002. The influence of priming on germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. *Seed Sci. & Technol.*, 30:61 — 67.
- SAS Institute, Inc. 2004. *SAS 9.1 Companion for Windows*. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SAS Institute, Inc. 2004 a. *SAS/STAT 9.1 User's Guide*. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- TeKrony O. M., Egli O. B. 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. *Crop. Sci.* 31:816 — 822.
- TeKrony D. M. 1993. Accelerated ageing test. *Journal of Seed Technol.* 17: 110 — 120.
- White N. D. G., Hulasare R. B., Jayas D. S. 1999. The effect of storage conditions on quality loss of hull-less and hulled oats and barley. *Can J. Plant Sci.* 79 (4): 475 — 482.
- Wiewióra B. 2003. Zdrowotność i inne cechy wartości siewnej ziarna oraz plon jęczmienia jarego w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej. *Biul. IHAR* 228: 81 — 87.