

Danuta Leszczyńska, Piotr Kostiw

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WPLYW CZYNNIKÓW AGROTECHNICZNYCH I SIEDLISKOWYCH
NA PLONOWANIE I JAKOŚĆ ZIARNA JĘCZMIENIA
W WARUNKACH ZMIENIAJĄCEGO SIĘ KLIMATU*

Słowa kluczowe: jęczmień, plon ziarna, jakość ziarna, czynniki agrotechniczne i siedliskowe, zmiany klimatu

Wstęp

Jęczmień ma duże znaczenie w całości gospodarce zbożowej zarówno w kraju, jak i na świecie (36, 40). O wielkości plonu i jakości ziarna decydują przede wszystkim: genetyczny potencjał plonowania odmiany, jakość gleby, klimat oraz rodzaj zastosowanej technologii produkcji (7, 10). W ostatnich latach na efekt produkcyjny roślin zbożowych silniej oddziałują zmienne w latach i rejonach warunki pogody (11, 12, 35).

Duże zainteresowanie jęczmieniem wynika z uniwersalności wykorzystania ziarna tego gatunku na paszę oraz w przemyśle browarnym i spożywczym (kasza, płatki). Ponadto jęczmień jest cennym komponentem mieszanek zbożowych. W Polsce uprawa mieszanek zbożowych jest bardziej popularna niż w innych krajach Unii Europejskiej. Na szczególną uwagę zasługują mieszanki międzyodmianowe (28). Produkcja ziarna jęczmienia wymaga stosowania racjonalnych technologii uprawy jęczmienia jarego i ozimego oraz korzystania z postępu hodowlanego (26, 27, 29).

W pracy dokonano przeglądu literatury dotyczącej wpływu różnych czynników na efekt produkcyjny jęczmienia, a także zamieszczono niepublikowane materiały Zakładu Uprawy Roślin Zbożowych IUNG-PIB w Puławach.

Zmiany klimatu, a efekty produkcyjne

Wpływ zmian klimatu na efekty produkcyjne roślin zbożowych wymaga modyfikacji ich zaleceń agrotechnicznych. Prognozowane zmiany klimatu mogą przyczynić się do

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

zmian warunków wegetacji roślin z powodu częstszego występowania susz i innych zjawisk ekstremalnych (11, 12). Niedobory wody w glebie oraz rozkład opadów nie dostosowany do zapotrzebowania roślin w okresach tzw. krytycznych powodują straty w plonach roślin. Według Górskiego i in. (8) cechą charakterystyczną klimatu Polski jest większa zmienność plonu w latach niż zróżnicowanie regionalne. Zmiana klimatu bezpośrednio wpływa na produkcję roślinną poprzez zmianę warunków atmosferycznych między innymi warunków termicznych, sum opadu atmosferycznego oraz nasilenia zjawisk ekstremalnych. Wraz ze zmianą klimatu zmieniają się czynniki pośrednie decydujące o plonowaniu, takie jak wymagania dotyczące wysiewu zbóż, nawożenia oraz wybrania odmian dostosowanych do określonych warunków. Jęczmień jary odznacza się wśród zbóż jarych, większą niezawodnością plonowania, z uwagi na mniejszą wrażliwość na czynniki klimatyczne o charakterze ograniczającym (niedobór opadów, duże wahania temperatury); (4, 5).

Zaletą jęczmienia ozimego jest największa wśród zbóż odporność na suszę wiosenną, co powinno z czasem nabierać znaczenia w związku z ocieplaniem się klimatu i potęgowaniem się suszy (w największym stopniu w Polsce dotyczy to Kujaw i Wielkopolski). Szybki rozwój roślin i znacznie wcześniejsze od innych zbóż wystąpienie okresu krytycznego zapotrzebowania na wodę, umożliwia efektywniejsze wykorzystanie pozimowych zapasów wody. Jęczmień ozimy wyróżnia się wysokim potencjalnym plonowaniem ze względu na zdolność wytwarzania dużej liczby kłosów na jednostce powierzchni, a w latach o łagodniejszych zimach i przy wystąpieniu susz wiosennych, najlepiej plonuje wśród wszystkich gatunków zbóż (17, 37). Ozima forma jęczmienia charakteryzuje się specyficznymi wymaganiami siedliskowo-agrotechnicznymi, dotyczącymi warunków klimatycznych, stosunków wodno-powietrznych, pH gleby, terminu i gęstości siewu (13, 14, 15). Mała odporność na wymarzenie, duża wrażliwość na zakwaszenie gleby i niedostatek w niej powietrza, podatność na wyleganie oraz wymagania wcześniejszego siewu w porównaniu do innych gatunków zbóż ozimych powodują konieczność ścisłego przestrzegania zasad uprawy jęczmienia ozimego (16, 18). Wadą jęczmienia ozimego ograniczającą jego uprawę w Europie Wschodniej jest słaba zimotrwałość, ale w pracach hodowlanych występuje poprawa mrozoodporności wśród nowych odmian. Obserwuje się trend powolnego przesuwania się uprawy jęczmienia ozimego w kierunku wschodnim, co ma związek z postępowaniem hodowlanym w zakresie zimotrwałości odmian (17, 37).

W badaniach IUNG-PIB w Puławach stwierdzono duży wpływ warunków glebowych i ilości opadów na plonowanie jęczmienia jarego, przy mniejszym znaczeniu temperatury (tab. 1). Największe plony ziarna jęczmienia jarego uzyskano na glebach kompleksu pszennego dobrego, a najmniejsze na glebach kompleksu żytniego dobrego. Wysokie jego plony uzyskano w latach o ilości opadów zbliżonej do średniej wieloletniej lub wyższej od średniej wieloletniej, a znacznie niższe plony otrzymano w warunkach małej ilości opadów. W warunkach dużej ilości opadów korzystna dla plonowania jęczmienia jarego okazała się wyższa temperatura, natomiast

w warunkach małej ilości opadów było odwrotnie. Zbyt duża ilość opadów sprzyja silniejszemu wyleganiu roślin i większemu nasileniu chorób, co wpływa ujemnie na wielkość i jakość plonu ziarna jęczmienia. Jeszcze bardziej ujemnie wpływa na to znaczny niedobór wody dla roślin.

Tabela 1

Plon ziarna ($t \text{ ha}^{-1}$) jęczmienia jarego w zależności od warunków glebowych i przebiegu warunków meteorologicznych

Ilość opadów	Temperatura powietrza	Kompleks glebowo-rolniczy		
		Pszenny dobry	Żytni b. dobry	Żytni dobry
Duża	wyższa	4,92	4,47	4,25
	niższa	4,68	4,16	4,03
Średnia	wyższa	5,03	4,58	4,21
	niższa	4,91	4,39	4,25
Mała	wyższa	4,25	3,77	3,26
	niższa	4,50	3,98	3,67

Źródło: badania IUNG-PIB (31, 32)

Wpływ terminu siewu na produktywność jęczmienia

Wyniki badań nad terminem siewu jęczmienia ozimego wskazują na zależność tego czynnika głównie od warunków klimatyczno – glebowych, a ponadto od doboru odmiany (23, 24). W doświadczeniach IUNG-PIB przeprowadzonych w ostatnim okresie stwierdzono zależność reakcji jęczmienia ozimego na termin siewu od jakości gleby. Na glebach zwięźlejszych należących do kompleksu pszenno dobrego i żytniego bardzo dobrego, plony ziarna przy terminie siewu w I dekadzie września były podobne jak przy terminie w II dekadzie września. Na glebach kompleksu żytniego dobrego wystąpiła nieduża zniżka plonu, a w przypadku kompleksu żytniego słabego znaczna zniżka plonu przy terminie w II dekadzie września. Przy terminie w III dekadzie września plony ziarna były istotnie niższe niezależnie od gleby. Dodatni wpływ odległości się gleby silniej zaznaczył się przy późnym terminie siewu. Reakcja jęczmienia ozimego na termin siewu zależała w dużym stopniu od warunków pogodowych. Większe plony ziarna przy wczesnym terminie siewu (I dekada września) osiągnęto w sezonach o krótkiej jesieni, natomiast w przypadku długiej jesieni oraz długo zalegającej pokrywy śnieżnej w czasie zimy jęczmień wysiany wcześniej plonował niżej niż wysiany później. Przyczyną słabszego plonowania wczesnych zasiewów jęczmienia ozimego w przypadku długiej i ciepłej jesieni jest nadmierne rozrastanie się roślin i tworzenie dużej masy liści, przez co jęczmień staje się bardziej podatny na wymarzenie w przypadku braku pokrywy śnieżnej w zimie, a w warunkach długiego zalegania śniegu często ulega wyprzeniu i porażeniu przez pleśń śniegową. Ponadto jęczmień wysiany wcześniej może być przy ciepłej jesieni atakowany przez szkodniki (ploniarka zbożówka, skoczek sześciorek i inne) lub przez mączniaka, a w przypadku małej powierzchni zasiewu jego wczesne wschody mogą być niszczone przez ptactwo.

Jęczmień siany późno w warunkach krótkiej jesieni rośnie wolno, słabo się krzewi i niedostatecznie hartuje przed zimą. Gorsze w takim przypadku jego przezimowanie, wykształcenie mniejszej liczby kłosów wskutek krótszego okresu wegetacji, jest powodem słabszego plonowania. Im dłuższa i cieplejsza jest jesień w danym rejonie, przy korzystnym rozkładzie opadów, tym później przypada optymalny termin siewu jęczmienia ozimego. Również na lepszych glebach jego siew może być wykonany później niż na słabszych, ponieważ gleba lekka jest bardziej podatna na przemarzanie i na takiej glebie rośliny słabiej się krzewią. Większej tolerancyjności na opóźnienie siewu sprzyja lepsza zimotrwałość niektórych odmian oraz ich zdolność do silniejszego krzewienia (37, 38).

W badaniach nad architekturą łanu jęczmienia ozimego stwierdzono jej zależność głównie od warunków pogodowych w czasie wegetacji, a także od terminu siewu. Gorsze wyrównanie łanu przy późnym terminie siewu występowało w latach o mniej sprzyjających warunkach pogodowych. Przy dużym rozwarstwieniu pionowym łanu rośliny niskie są zacieniane przez rośliny wysokie, co jest powodem niższej plenności tych pierwszych (34).

Optymalny termin siewu jęczmienia ozimego jest więc trudny do ustalenia, ze względu na jego ścisły związek z długością trwania jesieni, która nie jest przewidywalna. W przypadku wczesnego nadejścia zimy, wyższe plony jęczmienia otrzymuje się z wczesnych jego zasiewów (5-10 września). W warunkach długiej i ciepłej jesieni wysoki plon jęczmienia można uzyskać z późnych jego zasiewów (20-25 września). Najlepiej więc wysiewać jęczmień w terminie średniowczesnym t.j. 10-15 września w rejonach wschodnich, 12-18 w rejonie centralnym i 16-20 września w rejonach zachodnich.

Reakcja jęczmienia na ilość wysiewu

W licznych wieloletnich i wielopunktowych (w różnych rejonach) doświadczeniach IUNG-PIB badano reakcję jęczmienia ozimego na gęstość siewu w różnych warunkach siedliskowo-agrotechnicznych (20, 38). Wpływ gęstości siewu na plonowanie jęczmienia ozimego był zależny głównie od jakości gleby, zwłaszcza od jej składu granulometrycznego i kwasowości, a ponadto od terminu siewu i warunków pogodowych. Zależność wpływu gęstości siewu na plonowanie jęczmienia ozimego była mniej istotna od innych czynników agrotechnicznych niż w przypadku jęczmienia jarego (25). Istotny wpływ gęstości siewu na plon ziarna jęczmienia wynika stąd, że decyduje ona o stopniu konkurencji między roślinami o światło, wodę i składniki pokarmowe (41). W miarę zwiększania zagęszczenia roślin w łanie zmniejsza się penetracja światła, ogranicza krzewistość roślin, wzrasta ich wypadanie oraz podatność na wyleganie i porażenie chorobami. Nadmiernemu zwiększaniu obsady roślin i kłosów towarzyszy spadek liczby ziaren w kłosie i masy 1000 ziaren. Zbyt mała ilość wysiewu nie pozwala na uzyskanie dużego plonu, z powodu niewystarczającej obsady kłosów, pomimo dużej w tych warunkach produktywności kłosa.

Słabszą reakcję jęczmienia ozimego na wzrastającą gęstość siewu obserwowano w dobrych warunkach glebowych. W efekcie dobrego zaopatrzenia roślin w wodę i składniki mineralne występuje silne ich krzewienie się, co warunkuje uzyskanie optymalnej liczby kłosów na jednostce powierzchni przy mniejszej obsadzie roślin. Na gorszych glebach (mała zawartość próchnicy, luźniejszy skład granulometryczny, kwaśny odczyn) racjonalne jest stosowanie większej ilości wysiewu ziarna, z uwagi na słabsze w takich warunkach krzewienie się jęczmienia. Szczególnie ważne jest to w przypadku niskiego pH gleby, na co jęczmień ozimy jest najbardziej wrażliwy spośród gatunków zbóż.

Opóźnienie terminu siewu jęczmienia ozimego jest powodem skrócenia fazy krzewienia się roślin i tym samym zmniejszenia liczby kłosów na jednostce powierzchni, szczególnie w przypadku wczesnego nadejścia zimy. Wówczas racjonalne jest stosowanie większej ilości wysiewu. W latach o długim trwaniu jesieni można uzyskać odpowiednią liczbę kłosów także przy opóźnionym terminie siewu. Współdziałanie gęstości siewu z terminem siewu jęczmienia ozimego jest więc słabsze niż w przypadku jęczmienia jarego. W rejonach o większym nasileniu chorób i częstszym zjawisku wylegania roślin (przy obfitych opadach deszczu o charakterze burzowym) zaleca się stosowanie rzadszego siewu jęczmienia ozimego.

Stwierdzono niejednakową reakcję odmian jęczmienia ozimego na gęstość siewu (21, 22). Niektóre odmiany wyżej plonują przy większym, a inne przy mniejszym zagęszczeniu łanu. Wiąże się to ze zróżnicowanymi wymaganiami świetlnymi, niejednakową zdolnością do rozkrzewienia roślin, odpornością na wyleganie i choroby. Na ogół większej ilości wysiewu wymagają odmiany bardziej tolerancyjne na wzajemne zacienianie się roślin, słabiej krzewiące się, odporniejsze na wyleganie i choroby. Zróżnicowanie wymagań odmian jęczmienia ozimego co do gęstości siewu jest mniejsze niż wśród odmian jęczmienia jarego.

Norma wysiewu jęczmienia ozimego zależy głównie od jakości gleby, przedplonu i terminu siewu (tab.2). Gęściej powinno się wysiewać zboża na gorszych glebach, po słabszym przedplonie i przy opóźnieniu terminu siewu.

Tabela 2

Ilość wysiewu* różnych odmian jęczmienia ozimego w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w zależności od gleby i terminu siewu

Odmiany	Kompleksy glebowo-rolnicze					
	pszenny bardzo dobry, pszenny dobry		żytni bardzo dobry, zbożowo-pastewny mocny		żytni dobry pszenny wadliwy	
Bażant, Lomerit, Maybrit, Kobuz, Scarpia, Karakan	Termin siewu**					
	wczesny 145-155	późny 154-170	wczesny 158-168	późny 166-183	wczesny 170-184	późny 180-196
Bartosz, Holmes, KWS Kosmos, Wintmalt, SU Melania, KWS Meridian, Zenek, Henriette	150-160	159-175	163-173	171-188	175-189	185-200

Tabela 2 cd.

Souleyka, Epoque, Fridericus, Metaxa, Quadriga, Nickela, Titus, Scarpia, SU Vireni, SU Elma, Antonella, Vincenta	155-165	164-180	168-178	176-193	180-194	190-205
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

* Normy wysiewu obliczono przy uwzględnieniu masy 1000 ziaren – 40 g i zdolności kiełkowania – 95 %. W przypadku nasion o wyższej masie 1000 ziaren należy zwiększyć normę wysiewu o tyle, o ile jest wyższa MTZ.

** Wczesny termin siewu: 10- 15 września, późny termin: 20-25 września . W przypadku siewu między 15 a 20 IX należy stosować pośrednią normę wysiewu. Górną granicę przedziału normy wysiewu należy stosować przy dużym opóźnieniu siewu.

Źródło: badania IUNG- PIB (27)

Nawożenie azotem

Wielkość dawek nawozów azotowych zależy od szeregu czynników warunkujących wielkość plonu, takich jak: żyzność gleby, przedplon, przebieg pogody w okresie wegetacji roślin, nasilenie występowania chorób i szkodników, a także poziomu agrotechniki oraz typu użytkowania ziarna – pastewny czy browarny.

Duże potrzeby nawożenia azotem są na glebach średniej jakości o pH przekraczającym 6, gdy opady zimowe znacznie przekroczyły normę, przedplon nawożony małą dawką azotu, brak roślin motylkowych w zmianowaniu, wysoki poziom agrotechniki, optymalny termin siewu oraz pełna ochrona roślin. Małe potrzeby nawożenia azotem są w odmiennych warunkach (27).

Dawki azotu do 50 kg·ha⁻¹ można stosować jednorazowo w czasie ruszenia wegetacji roślin wiosną. Większe dawki (60-90 kg·ha⁻¹) pod jęczmień pastewny zaleca się dzielić na dwie: 60 % po ruszeniu wegetacji i 40 % na początku fazy strzelania w źdźbło, lub trzy: 50% przy ruszeniu wegetacji, 35% pod koniec fazy krzewienia i 15% na początku kłoszenia. W warunkach suszy większe efekty przynosi dokarmianie roślin (II i III dawka) nawozami płynnymi, które w razie potrzeby (objawy niedoboru miedzi, manganu) można łączyć z ciekłymi nawozami mikroelementowymi, a także z niektórymi pestycydami.

Azot silnie wpływa na wzrost i plonowanie roślin, a także na ilość i jakość białka w ziarnie (30). Dawka azotu pod jęczmień browarny nie może być tak duża jak na cele pastewne, aby nie dopuścić do zbyt wysokiej zawartości białka, wykluczającej przeznaczenie ziarna jęczmienia na cele browarne. Większej zasobności w azot można spodziewać się na glebach zwięzłych (kompleks pszenno-buraczany bardzo dobry lub dobry), w stanowisku po okopowych (zwłaszcza po burakach). W takich warunkach optymalną dawką jest 30-37 kg N·ha⁻¹. W stanowisku po pszenicy można zalecać 42-45 kg N·ha⁻¹ na kompleksach pszenno-buraczanych i 48-53 kg N·ha⁻¹ na kompleksie żytnim bardzo dobrym. W przypadku wysokiego plonowania pszenicy (powyżej 6 t·ha⁻¹) dawki te należy zwiększyć o 10-15%. Dawki azotu pod jęczmień browarny można stosować w całości przedsiewnie.

Azot najsilniej ze wszystkich składników pokarmowych wpływa także na wzrost i plonowanie jęczmienia jarego oraz zawartość białka w jego ziarnie. Wpływ azotu potwierdzono w wielu pracach (26, 32). Optymalna wielkość dawki azotu pod jęczmień zależy od potrzeb nawożenia azotem, kompleksu glebowego i spodziewanego poziomu jego plonowania (tab. 3). Bardzo duże potrzeby nawożenia azotem są wówczas, gdy opady zimowe przekroczyły normę, zaś pogoda wiosną jest umiarkowanie sucha i zimna, przedplon nawożono małą dawką azotu oraz gdy istnieje możliwość wysiewu jęczmienia w terminie optymalnym, a także przy stosowaniu wysokiego poziomu agrotechniki. Małe potrzeby nawożenia azotem występują przy małej ilości opadów zimowych, gdy w zmianowaniu wysiewano rośliny bobowate lub rośliny nawożone dużymi dawkami obornika, gdy pogoda wiosną jest wilgotna i ciepła oraz przy niższym od optymalnego pH gleby (32). Nawożenie azotem do poziomu $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ należy zastosować jednorazowo przed siewem. Natomiast większe dawki powinny być podzielone na dwie części: 60% przed siewem jęczmienia, a resztę na początku fazy strzelania w źdźbło. W stanowisku po strączkowych można zastosować przedsięwzięcie tylko 30-40% ogólnej dawki azotu.

Istotne znaczenie dla efektywności nawożenia azotem ma również zdolność danej odmiany do produktywnego wykorzystania tego składnika (20). Badania w warunkach kontrolowanych wykazały, że odmiany: Rubinek, Mercada, Rufus, Iron, Raskud i Toucan lepiej wykorzystują duże dawki azotu niż pozostałe z nimi porównywane (30).

Tabela 3

Dawki N w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ zalecane dla jęczmienia jarego na cele pastewne i spożywcze

Kompleks glebowo-rolniczy	Potrzeby nawożenia azotem			
	bardzo duże	duże	średnie	małe
Pszenny bardzo dobry Pszenny dobry	70-80*	45-60	45-60	35-45
Żytni bardzo dobry Zbożowo – pastewny mocny	75- 85	65-75	50-65	40-50
Pszenny wadliwy Żytni dobry	65-75	60-70	40-55	30-40
Żytni słaby Zbożowo – pastewny słaby	60-70	50- 60	35-50	30-35

* większe dawki należy stosować na glebach w dobrej kulturze

Źródło: opracowanie IUNG-PIB (30).

Dla jęczmienia jarego z przeznaczeniem na cele browarne powinno się stosować niższe dawki azotu (podobnie jak w przypadku jęczmienia ozimego), aby nie dopuścić do za wysokiej zawartości białka w ziarnie. W dobrych stanowiskach (po okopowych i oleistych) zaleca się $25\text{-}30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w gorszych (po zbożach) $35\text{-}40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Jakość ziarna

Jęczmień jest jednym z ważniejszych gatunków roślin rolniczych, jego ziarno jest wykorzystywane w żywieniu ludzi i zwierząt oraz w przetwórstwie przemysłowym (6, 43).

Uzyskanie dobrej wartości browarnej ziarna jęczmienia wymaga innego podejścia odnośnie niektórych elementów agrotechniki (26). Przede wszystkim chodzi tu o optymalną zawartość białka w ziarnie, która powinna być niska (10-11% s. m.) z przeznaczeniem dla browaru, a wysoka na cele pastewne i spożywcze. Jęczmień browarny, jak również spożywczy, wymaga lepszego wyrównania ziarna (udział ziarna celnego powyżej 80%) w porównaniu z jęczmieniem na cele pastewne.

W związku ze zwiększeniem produkcji i spożycia piwa w ostatnim okresie wzrasta zapotrzebowanie na ziarno o wysokiej jakości browarnej.

Współcześnie zboża niechlebowe, w szczególności jęczmień (*Hordeum vulgare*) i owies (*Avena sativa*), uznane są za rośliny zbożowe XXI wieku i zaliczane do surowców o właściwościach funkcjonalnych (9, 42). Spośród wielu naturalnych surowców pochodzenia roślinnego wymienione gatunki zbóż niechlebowych charakteryzują się wyjątkową wartością żywieniową. Wartość biologiczna białek zbożowych układa się w następującym szeregu: owies > żyto > jęczmień > kukurydza > pszenica.

Zboża niechlebowe wyróżniają się większą aktywnością przeciwutleniającą niż zboża chlebowe i można je uszeregować w następującej kolejności: jęczmień > owies > pszenica = żyto. Posiadają duże znaczenie profilaktyczne w hipercholesterolemii i chorobach serca (6). Niepokojącym zjawiskiem jest wzrost chorób cywilizacyjnych u ludzi, a przyczynami takiej sytuacji jest między innymi styl życia i sposób odżywiania. Szersze wykorzystanie w codziennej diecie ziarna oraz przetworów z jęczmienia i owsa stwarza nowe możliwości w racjonalnym żywieniu człowieka i poprawie stanu zdrowia ludzi.

W literaturze naukowej i popularnej spotykamy się z coraz wyraźniejszym propagowaniem zasad zdrowego odżywiania się. Wiele badań naukowych wskazuje na pozytywny wpływ natywnego błonnika pokarmowego w profilaktyce chorób cywilizacyjnych (1, 2, 3, 44). Zbożowe produkty wysokobłonnikowe o wysokiej zawartości frakcji rozpuszczalnej stały się więc bardzo polecanym i pożądanym składnikiem żywności. Mogą one być pozyskiwane tylko z surowców o wysokiej zawartości błonnika pokarmowego jak np. owies czy jęczmień (19, 33, 39). Funkcjonalne właściwości produktów jęczmiennych wynikają głównie z ilości i jakości zawartego w ziarnie błonnika pokarmowego.

Oddziaływanie fizjologiczne błonnika pokarmowego można rozpatrywać dwukierunkowo w odniesieniu do frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF). Właściwe zachowanie proporcji IDF i SDF w pożywieniu gwarantuje skojarzone działanie obu frakcji i gwarantuje kompleksową profilaktykę i działanie prozdrowotne.

Zawartość błonnika całkowitego (TDF) i jego składowych (IDF i SDF) jest zróżnicowana w ziarnie odmian jęczmienia (tab. 4). Istotnie wyższą zawartością błonnika całkowitego (TDF) i frakcji nierozpuszczalnej błonnika (IDF), a także zawartością (1,3)(1,4)- β -D glukanów wyróżniała się odmiana Rufus.

Tabela 4

Zawartość błonnika pokarmowego całkowitego (TDF), rozpuszczalnego (SDF) i nierozpuszczalnego (IDF) oraz zawartość beta-glukanów, popiołu i białka ogólnego w ziarnie w zależności od odmian i gęstości siewu

Czynnik doświadczenia	TDF % s.m.	SDF % s.m.	IDF % s.m.	Beta- glukany % s.m.	Popiół % s.m.	Białko % s.m.
Odmiana						
Rubinek	23,3 b**	5,6 a	17,8 b	3,97ab	2,19 a	12,5 a
Rufus	26,0 a	5,5 a	20,5 a	4,09 a	2,18a	11,6 b
Skarb	24,2 b	5,9 a	18,2 b	3,87 b	2,23a	12,0 ab
Gęstość siewu*						
250	24,9 a**	5,7 a	19,1 a	3,92 a	2,20 a	11,9 a
450	24,5 a	5,8 a	18,8 a	4,03 a	2,19 a	12,2 a

* liczba nasion · m⁻²

** Wyniki w tych samych kolumnach oznaczone innymi literami różnią się istotnie

Źródło: Noworolnik i in., 2014 (33)

Podsumowanie

Prognozowane scenariusze wpływu zmian klimatu na efekty produkcyjne roślin zbożowych wymagają modyfikacji zaleceń agrotechnicznych zbóż. Czynniki agrotechniczne wpływające na plonowanie i kształtowanie cech jakościowych jęczmienia silnie współdziałają ze sobą, a także z czynnikami siedliskowymi i biologicznymi.

Bardzo ważne jest wdrażanie do praktyki nowych plenniejszych i odporniejszych na choroby odmian jęczmienia jarego i ozimego. Należy dobrać odmiany dostosowane do warunków klimatycznych w danym rejonie kraju i uwzględnić optymalne wymagania w konkretnych warunkach siedliskowo-agrotechnicznych.

Powyższe przesłanki wskazują także na potrzebę podjęcia badań naukowych nad jakością ziarna zbóż przeznaczonych na cele spożywcze, w szczególności stosowanego do produkcji żywności o cechach funkcjonalnych. Dotyczy to szczególnie doboru odmian jęczmienia pod względem zawartości białka, zawartości błonnika pokarmowego, jego składu frakcyjnego oraz zawartości (1,3)(1,4)-β-D glukanów. Należy także wykazać możliwości modyfikowania funkcjonalnych cech jakościowych ziarna jęczmienia poprzez analizę i zmianę ważniejszych czynników agrotechnicznych i genetycznych.

Literatura

1. Behall K.M., Hallfrisch J.G.: Effects of barley consumption on CVD risk factors. *Cereal Foods World*, 2006, **51**(1): 12-15.
2. Behall K.M., Schofield D.J., Hallfrisch J.G.: Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *J. Clin. Nutr.*, 2004, **80**: 1185-1193

3. Bird A. R., Jackson M., King R.A., Davies D.A., Usher S., Topping D.L.: A novel high-amylose barley cultivar (*Hordeum vulgare* var. *Himalaya 292*) lowers plasma cholesterol and alters indices of large-bowel fermentation in pigs. *Brit. J. Nutr.*, 2004, **92**: 607-615.
4. Eagles H.A., Bedgood A.G., Panozzo J.F., Martin P.: Cultivar and environmental effects on malting quality in barley. *Australian J. Agric. Research*, 1995, **46**: 831-847.
5. Friedt W., Ordon F.: Barley Production and Breeding in Europe: Modern Cultivars Combine Disease Resistance, Malting Quality and High Yield. *Advance in Barley Sciences*, 2013: 389-400.
6. Gąsiorowski H. (red.): Jęczmień - Chemia i Technologia. PWRiL, Poznań, 1997.
7. Grabiński J.: Porównanie plonowania zbóż jarych i ozimych. *Pam. Puł.*, 2002, **130/1**: 261-267.
8. Górski T., Krasowicz S, Kuś J.: Glebowo-klimatyczny potencjał Polski w produkcji zbóż. *Pam. Puł.*, 1999, **114**: 127-142.
9. Kawka A.: Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*. 2010, **3**: 25-43.
10. Kościelniak W., Dreczka M.: Nowoczesna uprawa zbóż. Wyd. APRA, Poznań 2009.
11. Kozyra J., Doroszewski A., Nieróbcza A.: Zmiany klimatyczne i ich przewidywany wpływ na rolnictwo w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy*, 2009, **14**: 243-257.
12. Kozyra J., Nieróbcza A., Mizak K., Pudełko R., Borzęcka-Walker M., Faber A., Doroszewski A.: Zmiana klimatu – nowe wyzwania dla rolnictwa. *Studia i Raporty IUNG-PIB Puławy*, 2010, **19**: 133-144.
13. Leszczyńska D.: Stan, uwarunkowania uprawy jęczmienia i dobór odmian do ekologicznego gospodarowania. (W:) *Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie*. Monografia PIMR Poznań. 2008, **5**: 64-74.
14. Leszczyńska D.: Wybrane elementy technologii uprawy jęczmienia ozimego. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2014, **41(15)**: 57-70.
15. Leszczyńska D., Noworolnik K.: Integrowana uprawa jęczmienia ozimego na cele browarne. *Instr. upowsz.* 197, 2014: ss. 18.
16. Leszczyńska D., Noworolnik K., Brzóška F.: Uprawa jęczmienia ozimego na cele pastewne. *Instr. upowsz.* 147, IUNG-PIB Puławy, 2008, ss. 54.
17. Lista opisowa odmian. Rośliny zbożowe. 2017, COBORU, ss. 187.
18. Listowski A.: *Agrofizjologiczne podstawy produktywności roślin*. PWN Warszawa 1979.
19. Muir J.G., Yeow E.G.W., Keogh J., Pizzey C., Bird A.R., Sharpe K., O’Dea K., Macrae F.A.: Combining wheat bran with resistant starch has more beneficial effects on fecal indexes than does wheat bran alone. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2004, **79**: 1020-1028.
20. Noworolnik K.: Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska. *IUNG-PIB Puławy, Monogr. i Rozpr. Nauk.* 2003, **8**: 1-66.
21. Noworolnik K.: Określenie gęstości siewu zbóż w zależności od warunków siedliskowo-agrotechnicznych. *IUNG-PIB Puławy, Instr. upowsz.* 110, 2006, : 1-13.
22. Noworolnik K.: Reakcja wybranych odmian jęczmienia jarego na gęstość siewu. *Pol. J. Agron.*, 2015, **15**: 63-68.
23. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Porównanie reakcji odmian jęczmienia jarego na termin siewu i gęstość siewu. *Pam. Puł.* 1998, **112**: 163-168.
24. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Wpływ gęstości i terminu siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna odmian jęczmienia jarego. *Biul. IHAR*, 2004a, **231**: 357-363.
25. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Plon ziarna i białka jęczmienia nagoziarnistego i oplewionego w różnych warunkach siedliska w zależności od gęstości siewu. *Pam. Puł.*, 2004b, **138**: 117-123.
26. Noworolnik K., Leszczyńska D., Najewski A.: Charakterystyka i technologia uprawy odmian jęczmienia jarego. *IHAR Radzików, IUNG-PIB Puławy, COBORU Słupia Wielka*, 2007.

27. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Uprawa roli i siew w integrowanej produkcji jęczmienia jarego. W: Integrowana produkcja jęczmienia ozimego i jarego. Red. M. Mrówczyński i M. Korbas. IOR Poznań, 2010: 13-20.
28. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Integrowana uprawa mieszanin odmian jęczmienia ozimego na cele paszowe. Instr. upowsz. 190, IUNG-PIB Puławy, 2012: ss. 20.
29. Noworolnik K., Leszczyńska D., Dworakowski T., Sułek A.: Wpływ odmiany i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia ozimego. *Fragm. Agron.*, 2009, **1(29)**: 89-95.
30. Noworolnik K.: Plonowanie i jakość ziarna odmian jęczmienia jarego w zależności od dawki azotu. *Fragm. Agron.*, 2013a, **30(3)**: 123-131.
31. Noworolnik K.: Cechy morfologiczne i jakościowe oraz plonowanie jęczmienia jarego w zależności od odmian i terminu siewu. *Fragm. Agron.*, 2013b, **30(4)**: 105-113.
32. Noworolnik K.: Agrotechnika w kształtowaniu plonu i jakości ziarna jęczmienia jarego na cele pastewne i spożywcze. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2014a, **41(15)**: 21-37.
33. Noworolnik K., Wirkijowska A., Mikos-Szymańska M.: Effect of genotype and nitrogen fertilization on grain yield and quality of spring barley intended for health food use. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 2014, **20(3)**: 594-598.
34. Pecio A.: *Studia nad modelem rośliny i łanu jęczmienia jarego*. IUNG Puławy, 1995, seria wydawnicza R(325): ss. 84
35. Podolska G., Sułek A.: Uprawa roli i siew w integrowanej produkcji pszenicy jarej. W: Integrowana produkcja pszenicy jarej. Red. M. Mrówczyński i M. Korbas. IOR Poznań, 2009: 24-50.
36. *Roczniki Statystyczne za lata 2016, 2017*. GUS Warszawa.
37. Ruszkowski M.: Produkcyjność roślin zbożowych. W: *Podstawy produktywności roślin*. Mat. sesji naukowej, Puławy, 1985: 71-92.
38. Ruszkowski M.: Obsada a produktywność roślin zbożowych. *Mat. Konf. Nauk.: Obsada a produktywność roślin uprawnych*. IUNG Puławy, 1988, cz. I.: 3-70.
39. Rzedzicki Z., Sykut E., Wirkijowska A., Nita Z. Błonnik pokarmowy najważniejszym wyróżnikiem jakości zbóż spożywczych. *Fragm. Agron.*, 2008, **25(1)**: 357-371.
40. *Rynek rolny - analizy, tendencje, oceny*. Warszawa, IERiGŻ-PIB, 2015, **1(287)-12(298)**.
41. Simmons S. R., Rasmussen D. C., Wiersma J. V.: Tillering in barley: genotype, row spacing and seeding rate effects. *Crop Sc.*, 1982, **22(4)**: 801-805.
42. Sułek A., Noworolnik K.: Uprawa owsa na cele paszowe i spożywcze. *Instr. Upowsz.* 192, 2013: ss. 19.
43. Szempliński W. (red.): *Rośliny Rolnicze*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. 2012: ss. 470.
44. Talati R., Baker W.L., Pablonia M.S., White C.M., Coleman C.I.: The effects of barley- derived soluble fiber on serum lipids. *Ann. Fam. Med.* 2009, **7**: 157-163.

Adres do korespondencji:

dr hab. Danuta Leszczyńska
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786 815
e-mail: leszcz@iung.pulawy.pl

