

Leszek Sieczko¹, Anna Sieczko
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Parametryzacja głównych atrybutów ziarna zbóż w aplikacjach bazodanowych w czasie ich przechowywania

Płody rolne, w tym ziarna zbóż ulegają ciąglem zmianom nawet po okresie wegetacyjnym, gdzie wzrost i rozwój jest już zakończony. Posiadanie bieżącej informacji na temat stanu i własności ziarna ma ogromny wpływ na zaklasyfikowanie go do odpowiedniej grupy przeznaczenia. Ziarno, które zostało po zbiorze zaklasyfikowane jako konsumpcyjne może w trakcie przechowywania w niewłaściwych warunkach zmienić swe parametry, które to z kolei mogą doprowadzić do przeklasyfikowania go do zboża paszowego. Prowadzi to do wymiernych strat właściciela. Proces ten nie jest uwzględniany w systemach informatycznych i bazodanowych, przez co wprowadzona do niego informacja o atrybutach obiektu z biegiem czasu nie odpowiada rzeczywistym parametrom.

Większość systemów bazodanowych, która jest stosowana przez polskich rolników do zapisywania informacji o stanie zboża w magazynie, to zaadoptowane bazy danych zaprojektowane do przechowywania ogólnych informacji. Przechowując w takim systemie informację o wprowadzonym do magazynu zbożu, nie otrzymujemy korekty informacji po okresie kilku tygodniowym lub miesięcznym. Podczas żniw rolnik, dostarczając zboże do magazynu, może określić podstawowe (ilość, wilgotność) a nawet rozszerzone informacje (procent zanieczyszczenia, zawartość białka, wskaźnik sedymentacji, liczba opadania) o jego parametrach. Istnieje jednak problem wyrównania tych parametrów, nawet przy dostawach z jednego pola. Duży wpływ ma pogoda podczas zbioru, zróżnicowanie zasobności gleby na jednej działce, a co za tym idzie zróżnicowanie części parametrów od tego zależnych. W ziarniakach zbóż po zbiorze zachodzą różne procesy biochemiczne, rozwijają się choroby grzybowe lub inne organizmy w sytuacji gdy zaist-

nieją ku temu korzystne warunki środowiskowe.

Przedstawienie problemu

Systemy ekspertowe już od dziesiątek lat wspomagają człowieka w wnioskowaniu i wyjaśnianiu różnych zjawisk. System, który jest oparty na precyzyjnych algorytmach jest w stanie podać przyczyny opisanego zjawiska oraz wyjaśnić następstwa, które mogą wystąpić jako kolejne jego etapy. W dziedzinie magazynowania płodów rolnych możemy zbierać i przetwarzać informację o stanach i faktach zaistniałych podczas przechowywania lub posiadając precyzyjny model, przewidywać i reagować zanim niekorzystne zdarzenia nastąpi. Aby można było stworzyć taki model działania, należy posiadać bazę danych historycznych dotyczących takich zdarzeń. Kolejnym ważnym elementem składowym takiego systemu jest zbiór reguł i modeli statystycznych dotyczących zmian zachodzących w obserwowanych atrybutach przechowywanego obiektu.

Atrybuty ziarna zmienne w czasie przechowywania

Większość omawianych poniżej atrybutów jest ze sobą ściśle powiązana i pomiędzy niektórymi zachodzi dodatkowo interakcja co jeszcze bardziej komplikuje budowę modelu zmian i zależności cech ziarniaków podczas przechowywania. Niniejszym jednak można wydzielić kilka grup najważniejszych atrybutów. Do oceny najczęściej używa się parametru jakościowego, składającego się z wielu innych wskaźników opisujących ją.

Podstawowe parametry. Wskaźniki opisujące jakość ziarna zależą między innymi od gatunku, i przeznaczenia. Sypu-

ła i Dadrzyńska (2008) badali wpływ czasu (przez 21 tygodni) na zmianę parametrów jakościowych ziarna pszenicy w dwóch wariantach przygotowania ziarna (ziarno nie oczyszczone po zbiorze kombajnowym i ziarno doczyszczony) do składowania. Cechami jakości ziarna były: wilgotność (w %), liczba opadania, ilość glutenu (w %), rozplywalność glutenu (w mm), wskaźnik sedymentacyjny (w ml), zawartość białka (w %), masa 1000 ziaren (w g), gęstość usypowa (w $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), masa właściwa (w $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), energia kiełkowania (w %), zdolność kiełkowania (w %), stopień wyrównania ziarna (w %), zawartość zanieczyszczeń (w %): (w tym: ziarna połamane (w %) i zanieczyszczenia ziarnowe (w %)) oraz ziarna poślednie (w %). Wykazano, iż doczyszczony ziarno bezpośrednio po zbiorze wpływa korzystnie na wzrost liczby opadania, energię i zdolność kiełkowania, natomiast różnice pozostałych cech były nieznaczne i mieściły się w granicach błędów pomiaru. Wykazano także, bez istotnych różnic badanego czynnika, iż okres 21 tygodniowy przechowywania wpływa korzystnie na takie cechy jak: rozplywalność glutenu i liczbę opadania co bezpośrednio wpływa na polepszenie cech wypiekowych.

Choroby grzybowe. Jednym z najważniejszych czynników wpływających na przechowywanie ziarna zbóż jest rozwój grzybów. Parametr ten jest zależny od takich czynników jak porażenie zboża danym patogenem, temperatura i wilgotność, czas przechowywania oraz miejsce składowania (rodzaj pomieszczenia). Malaker i inni (2008) badali wpływ sposobu przechowywania i czasu na rozwój grzybów. Doświadczenie przeprowadzone zostało w Bangladeszu, gdzie występują wysoce sprzyjające warunki do rozwoju grzybów. Przykład ten dobrze opisuje skrajne warunki, które w większości nie występują w magazynach polskich i dostarcza cen-

¹ Dr L. Sieczko – Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki, SGGW. Dr A. Sieczko² – Katedra Ekonomiki Edukacji, Komunikowania i Doradztwa SGGW. Artykuł recenzowany (przyp. red.).

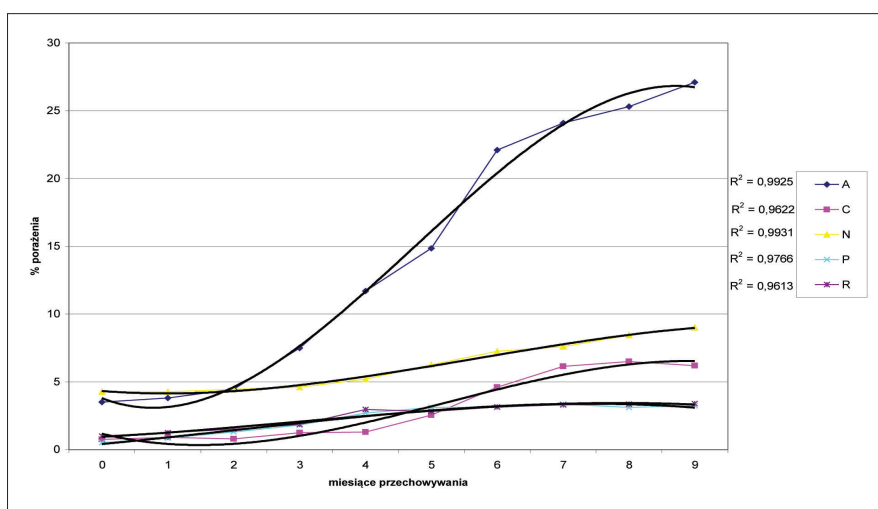
nych danych do modelu rozwoju grzybów w warunkach im sprzyjających.

Doświadczenie polegało na przechowywaniu ziarna pszenicy w temperaturze 25-30°C przez okres 9 miesięcy. Rysunek 1 przedstawia zmianę oraz funkcję zmiany wraz z dopasowaniem modelu chorób grzybowych występujących w magazynach w kolejnych dziewięciu miesiącach. Z wykresu możemy odczytać zmianę procentu porażenia przez dany patogen w kolejnych miesiącach. Największy wzrost w badanych warunkach temperatury możemy zauważyć dla grzybów z rodzaju *Aspergillus*, który to po zaczyna szybko przyrastać po 2 miesiącach przechowywania. W Polsce w większości lat, w tym okresie (październik) następuje znaczne obniżenie temperatury zewnętrznej co znacząco hamuje ten proces. W sytuacjach ekstremalnych, gdzie po okresie dwumiesięcznym nie udało się obniżyć temperatury poniżej 25°C mogliśmy się spodziewać znaczącego rozwoju tego rodzaju grzybów.

Kolejną grupą badanych mikroorganizmów były choroby grzybowe polowe. W grupie tej dla wszystkich badanych rodzajów zaobserwowano wyraźny istotny spadek w czasie przechowywania. Rysunek 2 przedstawia przebieg procentu porażenia ziarna pszenicy przez tę grupę grzybów w dziewięciomiesięcznym okresie przechowywania. Zmiany te zostały opisane funkcją wielomianową 3-go stopnia, a wskaźnik dopasowania R^2 został przedstawiony na wykresie obok legendy.

Opisane doświadczenie Malaker i inni (2008) wnosi cenne dane do modelu, gdzie temperatura i długi czas przechowywania byłyby zbieżne z przedstawionym w badaniu.

Temperatura. Doświadczenie przeprowadzone przez Malaker i inni (2008) pokazuje wpływ czasu na rozwój grzybów przy temperaturze zewnętrznej 25-30°C. W Polsce z pomocą przychodzi natura obniżając znacząco w okresie jesienno-zimowym temperaturę zewnętrzną. Nie stosowanie jednak aktywnych systemów chłodzących w pierwszych tygodniach składowania, może znacząco przyczynić się do rozwoju grzybów w magazynach ze zbożem. W pracy Kuny-Broniowskiej i Talika (2002) przedstawiono model rozkładu temperatur w silosach betonowych o pojemności około 700 ton i wysokości ponad 30 m podczas schładzania ziarna pszenicy. Wyznaczono współczynniki korelacji pomiędzy kolejnymi dniami pomia-



Rys. 1. Procent porażenia ziarna przez choroby grzybowe magazynowe w czasie przechowywania, wraz z dopasowaniem funkcji wielomianowej 3-go stopnia.

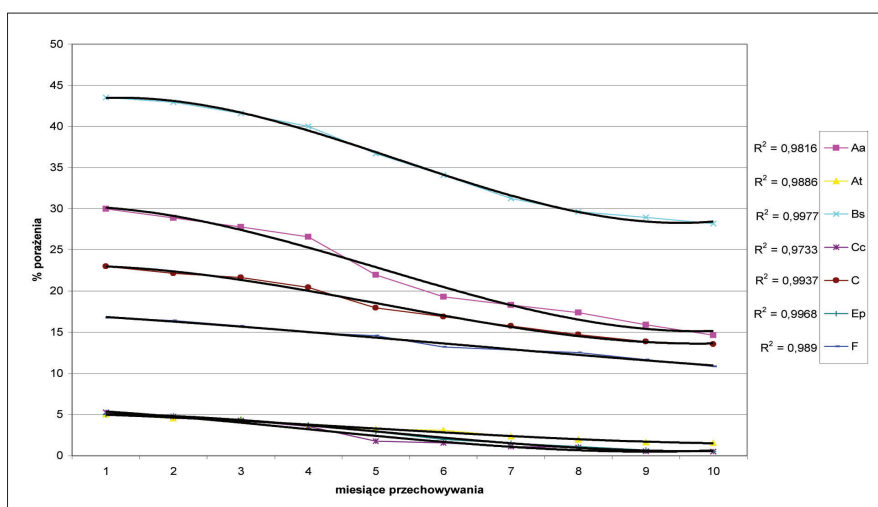
(A = *Aspergillus*, C = *Chaetomium*, N = *Nigrospora*, P = *Penicillium*, R = *Rhizopus*)

Źródło: obliczenia własne na podstawie Malaker i inni (2008).

ru podczas okresu schładzania, z których wynika, iż po 4 dniach schładzania temperaturę w komorze ziarna w kolejnym dniu można z dużym prawdopodobieństwem prognozować na podstawie pomiaru z dnia poprzedniego. Uzyskanie informacji o rozkładzie temperatur (Tukiendorf i inni 2007) w dużych silosach i tempie ich zmian podczas aktywnego schładzania pozwala dobrze zoptymalizować ten proces i wprowadzić parametr temperatury jako atrybut zmienny przechowywanego zboża w zależności od sposobu jego przechowywania.

Przepływ powietrza. Aby, suszenie ziarna było jak najbardziej efektywne należy wziąć pod uwagę gatunek zboża,

a w dużych silosach nawet sposób napełniania zbiornika. Łukaszkuk (2005) badał wpływ sposobu formowania złoża ziarna pszenicy na późniejszy opór przepływu powietrza dosuszającego. Wykazał on, iż różnica oporu przepływu powietrza przy prędkości 0,3 m*s⁻¹ pomiędzy badanymi sposobami napełnienia zbiornika sięga 50%. Najmniejszy opór przepływającego powietrza uzyskano dla napełniania zbiornika w sposób umożliwiający formowanie się na powierzchni stożka naturalnego usypu ziarna. Największe opory przepływu powietrza wystąpiły w przypadku gdy kolumnę zbiornika napełniano systemem rozproszonym z dużej wysokości. Opór przepływającego powietrza



Rys. 2. Procent porażenia ziarna przez choroby grzybowe polowe w czasie przechowywania, wraz z dopasowaniem funkcji wielomianowej 3-go stopnia.

(Aa = *Alternaria alternata*, At = *Alternaria trititica*, Bs = *Bipolaris sorokiniana*, Cc = *Cladospodium cladosporioides*, C = *Curvularia lunata*, Ep = *Epicoccum purpurascens*, F = *Fusarium*)

Źródło: obliczenia własne na podstawie Malaker i inni (2008).

jest wysoce skorelowany z prędkością jego przepływu. W badaniu wyznaczono funkcję zmiany oporu przepływu powietrza w zależności od jego prędkości dla każdego z badanych sposobów zasy-pu ziarna. Dopasowanie funkcji w każdym przykładzie było wysokie i zostało ocenione współczynnikiem R^2 , który w badanych przypadkach wynosił ponad 0,99. Element ten mógłby być jednym z parametrów opisujących system napełniania magazynu, mającym wpływ na proces dosuszania ziarna a tym samym na wilgotność i jego temperaturę.

Zaprawianie nasion. Dodatkowe zabiegi, które nieraz są stosowane przy przechowywaniu ziarna siewnego, takie jak zaprawianie wpływają na jego jakość zmieniając stopień kiełkowania. W badaniach przeprowadzonych przez Panasiewicz i innych (2009), wykazano, iż przechowywanie zaprawionego ziarna przez okres jednego roku nie wywołuje jednoznacznych zmian w wartości siewnej. Zabieg taki może jednak znacząco wpływać na zdolność kiełkowania ziarniaków nieopiewionych. Natomiast dłuższy, bo czteroletni okres przechowywania był celem badania Krzyżińskiej i inni (2009), gdzie oceniano wpływ zapraw nasiennych na przechowywanie i walory siewne. Stwierdzono, iż istnieje istotny wpływ czasu przechowywania zaprawionych ziarniaków zbóż na zdolność kiełkowania oraz inne cechy wigoru. Czteroletni okres przechowywania ziarniaków jęczmienia ozimego obniżył zdolność kiełkowania do poziomu od 79% (kontrola, bez zaprawy) do 42-44% zaprawianych (carboxin + thiram i cyproconazole + fludioxonil). Pszenica ozima reagowała w mniejszym obniżeniu zdolności kiełkowania po czteroletnim okresie przechowywania. Zdolność kiełkowania wynosiła od 96% (kontrola, bez zaprawy oraz z zastosowaniem zaprawy – fludioxonil), 85% (zaprawa-tebuconazole) i 60% (zaprawy: tiradimenol + imazalil + fuberidazole). Należy zaznaczyć, iż według normy PN-R-65023 minimalna zdolność kiełkowania materiału siewnego powinna wynieść 85%.

Badania innych dowodzą, iż rodzaj substancji aktywnej zapraw nasiennych ma duże znaczenie i może nawet w pewnych okresach poprawiać parametry siewne. W pracy Panasiewicza i innych (2007), zaobserwowano istotny wpływ na poprawę zdolności kiełkowania ziarniaków pszenicy i żyta po rocznym okresie przechowywania i wcześniejszym za-

stosowaniu zapraw zawierających karboksynę i tiuram.

Tym samym możliwości oszacowania tego parametru podczas przechowywania jest wysoce istotna, dodając jeszcze specyfikę bardzo krótkiego okresu wysiewu w pole może być kluczowym elementem branym pod uwagę podczas długiego okresu przechowywania.

Podsumowanie

Przedstawione w powyższym artykule parametry i czynniki wpływające na jakość przechowywanego ziarna zbóż nie wyczerpują zarysowanego problemu. Wiele z opisanych parametrów i przedstawionych czynników jest ze sobą ściśle powiązane. W polskiej i zagranicznej literaturze brakuje opisanych doświadczeń, które by kompleksowo pokazały wpływ wielu czynników jednocześnie na jakość i parametry z tym związane. Nie niemniej jednak warto podjąć takie badania, które przyczyniłyby się do szerszego opisu zjawiska zmiany choćby głównych atrybutów przechowywanego ziarna. Wiedza taka mogłaby się przyczynić do powstania systemów ekspertowych, monitorujących i prognozujących główne cechy ziarna w magazynie podczas okresu jego przechowywania. Poprawiło by to zarówno jakość przechowywanego ziarna ale również jego pierwotne bezpieczeństwo. Obecnie wszystkie artykuły żywnościowe muszą być bezpieczne czyli nie stwarzające żadnego niebezpieczeństwa lub stwarzające mało zagrożeń, które są uważane za akceptowalne w ramach wysokiego poziomu ochrony zdrowia i bezpieczeństwa ludzi. Niezbędnie ważna jest tu sprawa świadomości i umiejętności tworzenia mechanizmów zapewnienia wysokiej jakości zboża w trakcie procesu przechowywania. Dotychczas poznane zależności i funkcje ich przebiegu mogą być przesłanką do stworzenia systemu magazynowania zbóż, który mógłby podawać prognozy zmiany zawartych w modelu parametrów. Funkcje te dodane do modułów raportowania w systemach bazodanowych, uwzględniały teoretycznie zmiany mogące zajść w przechowywanym ziarnie zbóż.

Streszczenie

W pracy przedstawiono najważniejsze cechy ziarna zbóż, które ulegają zmianie w czasie przechowywania. Na podstawie

badania, innych autorów, przedstawiono istotę oraz sposób zmiany opisywanych atrybutów w czasie w różnych warunkach przechowywania. Wykazano także celowość powstania systemów bazodanowych uwzględniających opisywane cechy ziarna, do przechowywania i przetwarzania informacji w czasie magazynowania.

Parameterization of main attributes cereal grains in database applications at the time storage

Summary

The paper presents the main features of cereal grains that are changed during storage. Based on studies by other authors, presents the essence and how to change the attributes described at the time in different storage conditions. It also showed the desirability of the creation of database systems taking into account the described features of grain storage and processing of information during storage.

LITERATURA

1. Krzyżińska B., Mączyńska A., Doleżył D., Wpływ zapraw nasiennych na przechowywanie nasion zbóż i ich przydatność siewną. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 49 (2)/2009, s. 660-664.
2. Kuna-Broniowska I., Talik Z., Badanie rozkładu temperatur w silosie betonowym podczas schładzania ziarna pszenicy urządzeniami, GK-160 i KK-140. *Technica Agraria* 1 (2)/2002. s. 61-72.
3. Łukaszuk J., Wstępna ocena wpływu sposobu formowania złoża ziarna pszenicy na opór przepływu powietrza. *Acta Agrophysica*, 6 (3)/2005, s. 709-714.
4. Malaker P. K., Mian I. H., Bhuiyan K. A., Akanda A. M. Reza M. M. A., Effect of storage containers and time on seed quality of wheat. *Bangladesh J. Agril. Res.* 33 (3)/2008, s. 469-477.
5. Panasiewicz K., Koziara W., Sulewska H., Parametry wigorowe ziarna zbóż w zależności od biologicznych i chemicznych zapraw nasiennych. *Res. Appl. Agric. Engin.* 52 (4)/2007, s. 14-17.
6. Panasiewicz K., Koziara W., Sulewska H., Wpływ zaprawiania nasion zbóż na ich wigor po rocznym okresie przechowywania. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 49 (1)/2009, s. 256-259.
7. Sypuła M., Dadrzyńska A., Wpływ czasu przechowywania ziarna pszenicy na zmianę jego cech jakościowych. *Inżynieria Rolnicza* 1 (99)/2008, s. 371-376.
8. Tukiendorf M., Rut J., Szwedziak K., Temperatura ziarna pszenicy w czasie magazynowania. *Inżynieria Rolnicza* 9 (97)/2007, s. 247-252.