

## Choroby patogeniczne kukurydzy i rola biostymulatorów w ich zwalczaniu

Maize pathogenic diseases and the role of biostimulators in their control

Monika Skwarek\*, Paulina Pipiak

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Przemysłu Skórzanego

---

### **Streszczenie**

Kukurydza zwyczajna (*Zea mays* L.) należy do najważniejszych roślin uprawnych w Polsce. W pracy dokonano ogólnego przeglądu znaczenia gospodarczego kukurydzy oraz czynników stresogennych dla kukurydzy, wpływających na występowanie chorób, które zostały scharakteryzowane oraz sklasyfikowane w zależności od czynnika sprawczego. Omówiono także pozytywny wpływ biostymulatorów na wzrost i rozwój roślin, a także zastosowanie ich w ochronie roślin.

### **Abstract**

Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important crops in Poland. This paper reviews the economic importance of maize and stress factors, which affect the occurrence of diseases, which have been characterized and classified according to the causative factor. The positive effect of biostimulants on plant growth and development, as well as using them in plant protection was also presented.

*Słowa kluczowe:* kukurydza, czynniki stresogenne dla roślin, choroby roślin, biostymulatory

*Keywords:* maize, plant stress factors, plant diseases, biostimulants

---

## **1. Wstęp**

Kukurydza zwyczajna (*Zea mays* L.) należy do roślin uprawnych z rodziny wiechlinowatych. Jest jednorocznym zbożem jarym, zaliczanym do roślin dnia krótkiego. Istnieje kilka gatunków kukurydzy uprawnej, które różnią się przede wszystkim budową ziarniaków oraz kłosa w kolbie. Spośród nich, największe znaczenie gospodarcze mają: kukurydza zwykła (twarda), pastewna (koński ząb), pękająca oraz cukrowa.

---

\*autor korespondencyjny: dr Monika Skwarek: monika.skwarek1988@gmail.com

Krajowy rejestr Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych COBORU obejmuje obecnie 231 odmian kukurydzy [1]. W chwili obecnej kukurydza, obok ryżu i pszenicy, jest wiodącą rośliną na światowym rynku zbóż [2]. Największymi jej producentami są Stany Zjednoczone oraz Chiny, z produkcją w 2018 roku sięgającą odpowiednio 392 mln ton oraz 257 mln ton [3]. W Polsce, w 2018 roku, zbiory kukurydzy na ziarno wyniosły 3,8 mln ton, z kolei zbiory kukurydzy na zielonkę ponad 25,6 mln ton [4]. O postępie w areale upraw kukurydzy w Polsce świadczy jej udział w zasiewach zbóż, który jeszcze w końcu lat 90 nie przekraczał 1%, natomiast w 2018 roku wyniósł 8,3% [5].

Pod względem tempa wzrostu plonów w produkcji, kukurydza dominuje wśród roślin zbożowych, jej potencjał plonowania sięga 12-15 ton suchej masy z 1 ha [6]. Duża plenność kukurydzy jest wynikiem wielu korzystnych cech fizjologicznych i morfologicznych tego gatunku. Należy jednak mieć na uwadze, że na poziom plonowania mają wpływ warunki pogodowe w danym sezonie wegetacyjnym oraz lokalne warunki środowiska. Kukurydza skutecznie przeszła aklimatyzację do polskich warunków glebowo-klimatycznych [7]. Przyczyną tego zjawiska jest wprowadzenie do uprawy kukurydzy mieszańców liniowych, zapewniających dostęp do odmian o odpowiednim okresie wegetacji [8].

Kukurydza, jako roślina uprawna, ma ogromne znaczenie na świecie, zarówno pod względem użytkowym, jak i gospodarczym. Jest to spowodowane możliwością wykorzystania praktycznie całej biomasy rośliny jako paszy, żywności lub surowca przemysłowego [8]. W Polsce uprawiana jest przede wszystkim jako roślina pastewna. Jest źródłem paszy węglowodanowej o wysokiej wartości energetycznej, przeznaczonej głównie na cele żywieniowe trzody chlewnej, bydła mlecznego oraz drobiu [9, 10].

Przemysłowe przetwarzanie ziaren kukurydzy obejmuje mielenie ich na sucho (w młynach) lub na mokro (w krochmalniach).

Głównymi produktami przemiału na sucho są kaszki o różnej grubości (grys), mąka kukurydziana, zarodki i otręby. Kaszki, oprócz zastosowania w przemyśle spożywczym, wykorzystywane są również w browarnictwie jako dodatek do słodu. Pozostałe po przemiale ziarna, śruta i zarodki przeznaczane są na pasze. W procesie mielenia na mokro produkowane są skrobia, białko, olej i błonnik. Skrobia kukurydziana ma wiele zastosowań w przemyśle spożywczym, papierniczym, budowlanym, czy chemicznym [11, 12].

Do celów spożywczych uprawiana jest głównie kukurydza cukrowa. Jako warzywo nadaje się ona do bezpośredniej konsumpcji lub może być użyta jako surowiec do przerobu przemysłowego. Walory smakowe i odżywcze kukurydzy cukrowej spowodowały, że stanowi istotny składnik diety ludzi na całym świecie, w tym alergików, gdyż nie zawiera glutenu [13]. Popularna jest również kukurydza pękająca, powszechnie znana jako tzw. popcorn [14].

Ziarna kukurydzy mogą być wykorzystane do fermentacji alkoholowej i produkcji biopaliw. Ze względu na dużą zawartość skrobi, są jednym z najbardziej wydajnych surowców gorzelnicznych i pozwalają uzyskać z 1 tony surowca nawet 400 litrów etanolu [12, 15]. Kierunkami przetwarzania kukurydzy na cele energetyczne jest produkcja biogazu (świeża masa, kiszonka), bioetanolu (ziarno) oraz spalanie słomy kukurydzianej [6, 16].

## **2. Charakterystyka wybranych chorób patogenicznych kukurydzy**

Rośliny są stale narażone na oddziaływanie wielu czynników stresowych, zarówno abiotycznych, jak i biotycznych, które mogą wpływać na ich wzrost i rozwój. Do abiotycznych czynników stresowych, wywoływanych przez czynniki fizyczne lub chemiczne, zalicza się: niską lub wysoką temperaturę, niedobór lub nadmiar wody, zasolenie podłoża, zbyt słabe bądź zbyt silne nasłonecznienie oraz obecność metali ciężkich. Z kolei wśród biotycznych czynników stresowych dominują wirusy, bakterie, grzyby i szkodniki owadzie [17].

Często, konsekwencją działania czynników stresowych jest występowanie chorób patogenicznych, które mogą zakłócać prawidłowy wzrost, rozwój i funkcjonowanie roślin, a także powodować znaczną redukcję plonów.

Do chorób kukurydzy występujących w Polsce należą: głównia guzowata kukurydzy, drobna plamistość liści kukurydzy, zgnilizna łodygi kukurydzy, fuzaryjna zgorzel łodyg kukurydzy, głównia pyłaca kukurydzy, rdza kukurydzy oraz helminosporioza liści kukurydzy [18].

W Tabelach 1 i 2 przedstawiono podział chorób kukurydzy w zależności od czynnika sprawczego (wirusy, bakterie, grzyby).

Fuzaryjna zgorzel łodyg kukurydzy jest wywoływana przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Uszkodzenia powodowane przez omacnicę prosowiankę sprzyjają rozwojowi grzyba patogenicznego. Cechą charakterystyczną choroby są więdnące i zasychające blaszki liściowe. Co więcej, grzyby z rodzaju *Fusarium* wpływają na wzrost zawartości mitotoksyn, które z kolei dyskwalifikują ziarno do dalszego przetwórstwa [19, 20].

Głównia guzowata kukurydzy wywoływana jest przez gatunek grzyba *Ustilago maydis*. Objawy chorobowe charakteryzują się występowaniem narośli (guzów), zlokalizowanych na blaszkach liściowych, łodygach, wiechach i kolbach. Powstała narośl jest efektem oddzielnej infekcji grzyba. Z kolei głównia pyłaca kukurydzy powodowana jest przez gatunek grzyba *Sphacelotheca reiliana*. Wskutek silnej infekcji rośliny nie wytwarzają kolb, co może prowadzić do całkowitej utraty plonu [21, 22].

*Kabatiella zae* jest patogenem odpowiadającym za pojawienie się drobnej plamistości liści kukurydzy. Choroba prowadzi do obniżenia powierzchni asymilacyjnej roślin, podobnie jak w przypadku rdzy kukurydzy, której sprawcą jest *Puccinia sorghi* [21].

Choroba szalonych wiech jest wywołana przez gatunek grzybopodobny *Sclerophthora macrospora*. Charakterystyczne objawy choroby to deformacja liści, łodyg, wiech i kolb kukurydzy [21].

Jedną z chorób wirusowych kukurydzy jest karłowata mozaika kukurydzy wywołana przez symbiotyczne działanie dwóch lub więcej wirusów w tym samym czasie: MDMV (ang. *Maize Dwarf Mosaic Virus*) i SCMV (ang. *Sugarcane Mosaic Virus*), co skutkuje większym zagrożeniem dla rośliny [35]. Cechą charakterystyczną choroby jest stopniowe żółknięcie i wysychanie liści, prowadzące do przedwczesnej śmierci rośliny.

**Tabela 1.** Grzybowe choroby kukurydzy

Nazwa choroby	Czynnik chorobotwórczy	Literatura
Głownia guzowata kukurydzy	<i>Ustilago maydis</i>	[22]
Głownia pyłaca kukurydzy	<i>Sphacelotheca reiliana</i>	[23]
Rdza kukurydzy	<i>Puccinia sorghi</i>	[24]
Drobna plamistość liści kukurydzy	<i>Kabatiella zae</i>	[25]
Ciemnienie naczyń łądygi kukurydzy	<i>Harpophora maydis</i> <i>Sarocladium strictum</i>	[26] [27]
Fuzaryjna zgorzel łądyg kukurydzy	<i>Fusarium graminearum</i> <i>Fusarium avenaceum</i> <i>Fusarium proliferatum</i>	[28] [29] [30]
Sucha zgnilizna kolb kukurydzy	<i>Stenocarpella macrospora</i> <i>Stenocarpella maydis</i>	[31]
Choroba szalonej wiechy kukurydzy	<i>Sclerophthora macrospora</i>	[32]
Helminthosporioza liści kukurydzy	<i>Bipolaris zeicola</i> <i>Setosphaeria turcica</i>	[33] [34]

Przykładem choroby kukurydzy jest bakteryjne więdnienie kukurydzy wywołane przez *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*. Symptomy chorobowe nie występują na nasionach kukurydzy. Więdnięcie obserwuje się już na siewkach kukurydzy, a później także na liściach, które stają się żółte, podłużnie smugowate, z nieregularnymi lub pofałdowanymi brzegami. Choroby bakteryjne i wirusowe kukurydzy nie występują jeszcze powszechnie w Polsce [21].

**Tabela 2.** Wirusowe i bakteryjne choroby kukurydzy

Nazwa choroby	Czynnik chorobotwórczy	Literatura
Karłowata mozaika kukurydzy	MDMV, SCMV	[35]
Bakteryjne więdnienie kukurydzy	<i>Pantoea stewartii</i> subsp. <i>stewartii</i>	[36]
Bakteryjna drobna plamistość	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>nebraskensis</i>	[37]
Bakteryjna pasiastość liści kukurydzy	<i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>avenae</i> <i>Burkholderia andropogonis</i> <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>vasculorum</i> <i>Xanthomonas vasicola</i> pv. <i>holcicola</i>	[38] [39] [40] [32]
Bakteryjna zgnilizna łodygi kukurydzy	<i>Enterobacter dissolvens</i>	[41]
Brązowa zgnilizna łodygi kukurydzy	<i>Pantoea ananatis</i>	[32]

### 3. Rola biostymulatorów w uprawie i ochronie roślin

Obecnie wiele uwagi poświęca się technologiom produkcji roślin opartym na ograniczeniu stresów biotycznych i abiotycznych oraz polepszaniu jakości upraw [42-45]. Jednym z rozwiązań, mających na celu zapewnienie roślinom najkorzystniejszych warunków do wzrostu i rozwoju jest zastosowanie biostymulatorów. Biostymulatory oferują potencjalnie nowe podejście do regulacji/modyfikacji procesów fizjologicznych w roślinach, w celu stymulowania wzrostu, złagodzenia ograniczeń wywołanych stresem i zwiększenia wydajności upraw [43, 46]. Zatem biostymulatory mogą wpływać zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio na rośliny [47].

Biostymulatory, takie jak: hydrolizaty białkowe, ekstrakty z alg, kwasy humusowe i fulwowe [48, 49] oraz środki kontroli biologicznej (BCA, ang. *Biological Control Agents*), w tym grzyby *Trichoderma* [50], zostały szeroko przebadane pod kątem złagodzenia skutków stresu biotycznego i abiotycznego, a także podnoszenia jakości plonów, poprzez stymulowanie procesów fizjologicznych roślin [44, 51]. Otrzymanie optymalnych plonów roślin, poprzez wykorzystanie biostymulatorów, jako związków przyjaznych środowisku

i niezagrażających zdrowiu człowieka, pełni istotną rolę w integrowanej ochronie roślin. „Integrowana ochrona roślin” jest terminem przyjętym w Polsce, będącym odpowiednikiem terminu angielskiego „*Integrated Pest Management*” (IPM). Proces IPM polega na podejmowaniu działań, mających na celu zapobieganie, monitorowanie i zwalczanie rozwoju chorób w uprawie. Wśród ogólnych zasad integrowanej ochrony roślin znajdują się m. in.: stosowanie właściwej agrotechniki, zrównoważonego nawożenia oraz nawodnienia, a także uprawy odmian odpornych lub tolerancyjnych na działanie czynników stresogennych [52, 53]. Niektóre doniesienia literaturowe dotyczą badań na temat wpływu różnych biostymulatorów na rośliny kukurydzy. Przykłady wybranych badań zostały przedstawione w Tabeli 3.

Substancje humusowe (HS, ang. *Humic Substances*) to mieszanina organiczna zawarta w glebie. Do substancji humusowych należą kwasy huminowe i fulwowe. HS poprawiają strukturę i żyzność gleby oraz wpływają na pobieranie składników odżywczych przez rośliny. Anjum i wsp. [54] wykazali, że traktowanie kukurydzy kwasem fulwowym powoduje wzrost intensywności fotosyntezy, szybkości transpiracji i stężenia międzykomórkowego CO<sub>2</sub>, co wiąże się z pobudzeniem wzrostu roślin. Badacze wykazali również zwiększoną akumulację proliny w roślinach traktowanych kwasem fulwowym.

Inną grupę biostymulatorów stanowią ekstrakty z alg i ich pochodne, szeroko stosowane w systemach produkcji roślinnej, ze względu na obecność szeregu związków stymulujących wzrost roślin. Matysiak i wsp. [55] wykazali, że zastosowanie dolistne ekstraktów z alg brunatnych *Ecklonia maxima*, spowodowało zwiększenie masy pędów kukurydzy o 37-42% i masę korzeni o 34-45%. Podobnie ekstrakty z alg brunatnych *Sargassum* spp. Wpłynęły na zwiększenie masy pędów i korzeni odpowiednio o 48- 50 i 54-57% [55].

Hydrolizaty białkowe (PH, ang. *Protein Hydrolysates*) to ważna grupa biostymulatorów, opartych na mieszaninie peptydów i aminokwasów, wykazujących pozytywny wpływ na wydajność upraw.

Kilka badań testujących wpływ hydrolizatów białkowych na rośliny kukurydzy wykazało, że pierwszym efektem ich działania, była stymulacja biomasy korzeni i liści [56-58]. Ertanii wsp. [58] podali, że krótkotrwałe zastosowanie hydrolizatów białkowych pochodzenia zwierzęcego, zwiększyło suchą masę korzeni roślin kukurydzy, w porównaniu do roślin nietraktowanych. Efekty te były zgodne ze zmianami indukowanymi przez HS w roślinach, które zwiększają masę korzeni w krótkim czasie oraz promują biomasę pędu w dłuższych okresach [59]. Wzrost suchej masy korzeni może prowadzić do zwiększenia biomasy roślinnej, a także plonów [56]. Ertanii i wsp. [60] wykazali, że hydrolizat białkowy z lucerny, stosowany w uprawie hydroponicznej kukurydzy w warunkach stresu solnego, wpływa na zwiększenie biomasy roślinnej. Po zastosowaniu hydrolizatu białkowego z lucerny, badacze zaobserwowali zmniejszenie aktywności enzymów antyoksydacyjnych, wzrost zawartości proliny i flawonoidów oraz aktywności amoniakolizazy fenyloalaniny i ekspresję genów w roślinach uprawianych w warunkach stresu solnego, w odniesieniu do roślin kontrolnych.

Badacze Lagogianni i Tsitsigiannis [61] oceniali wpływ sześciu biopestycydów wykorzystanych w roli biostymulatorów na patogen *Aspergillus flavus*, wywołujący zgniliznę kukurydzy. Użyte w badaniach produkty komercyjne, zawierały mikroorganizmy lub składniki nieorganiczne o różnych sposobach działania (zeolit, *Trichoderma harzianum*, *Aureobasidium pullulans*, *Streptomyces griseoviridis*, *Bacillus subtilis*, *Laminaria digitata*). Wszystkie wyżej wymienione produkty w pierwszym etapie badań przetestowano *in vitro*, a najbardziej skuteczne, zostały poddane dalszej ocenie w 2-letnich eksperymentach w warunkach polowych. Wyniki badań, prowadzonych w warunkach laboratoryjnych i polowych, wykazały potencjał komercyjnych, niechemicznych produktów kontroli biologicznej w kierunku zmniejszenia objawów choroby oraz zawartości aflatoksyn, spowodowanych przez *A. flavus* w roślinach kukurydzy.

Mikroorganizmy, w tym grzyby z rodzaju *Trichoderma* są ważną grupą biostymulatorów roślinnych [50].



Wykazano m.in., że *T. virens*, aplikowana doglebowo, indukuje w siewkach kukurydzy odporność systemiczną (ISR, ang. *Induced Systemic Resistance*) na patogen grzybowy *Colletotrichum graminicola*, zależną od kwasu jasmonowego (JA, ang. *Jasmonic Acid*) oraz związków lotnych [62]. Z kolei *T. atroviride*, aplikowana doglebowo indukuje wzrost siewek kukurydzy (*Zea mays*) oraz ogranicza zjadanie przez owad roślinożerny *Spodoptera frugiperda*. Ochrona roślin jest związana ze zwiększoną emisją lotnych terpenów oraz akumulacją JA, aktywatora reakcji obronnych na szkodnika [63].

**Tabela 3.** Wpływ wybranych biostymulatorów na rośliny kukurydzy

Biostymulator	Efekt	Literatura
<i>Asophyllum nodosum</i>	tolerancja na stres niskiej temperatury	[64]
<i>Sargassum</i> spp.	wzrost korzeni i pędów	[55]
Kwas fulwowy	wzrost zawartości chlorofilu	[54]
Kwas huminowy	wzrost korzeni	[65]
PH pochodzenia zwierzęcego	wzrost korzeni	[58]
PH lucerny	tolerancja na stres solny	[66]
PH lucerny	wzrost siewek kukurydzy	[60, 66]
<i>T. atroviride</i>	wzrost siewek kukurydzy	[63]

#### 4. Podsumowanie

W niniejszej pracy przeglądowej zostały scharakteryzowane wybrane wirusowe, bakteryjne i grzybowe choroby kukurydzy oraz czynniki stresowe, wpływające na ich występowanie. Badania dotyczące chorób kukurydzy wiążą się głównie z nasileniem ich występowania, szkodliwości na uprawy, rodzajem nawożenia oraz charakterystyką odpowiedzi obronnych roślin. Dużo uwagi poświęca się ocenie podatności wybranych odmian kukurydzy na najważniejsze choroby, występujące w Polsce.

Zalicza się do nich m. in.: fuzariozę kolb, wywołaną przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, wirusa karłowatej mozaiki kukurydzy (MDMV) oraz choroby wywoływane przez bakterie: *Erwinia*, *Pantoea*, *Xanthomonas*, *Xylophilus*, *Acidovorax*, *Enterobacter*, *Pseudomonas* i *Bacillus*.

W pracy zwrócono również uwagę na rolę biostymulatorów w uprawie i ochronie roślin oraz wykazano ich pozytywny wpływ na stymulację wzrostu roślin kukurydzy i ochronę przed różnymi czynnikami stresowymi. W przypadku licznego występowania czynników chorobotwórczych może nastąpić strata w plonach kukurydzy, wynosząca nawet 50% [18]. Stosowanie biostymulatorów, a tym samym ich udział w integrowanej ochronie roślin może stanowić działania profilaktyczne, ograniczające występowanie chorób kukurydzy.

#### **Źródło finansowania**

Praca została wykonana w ramach subwencji pt.: „Wpływ zastosowania biostymulatora na plonowanie kukurydzy zwyczajnej (*Zea mays* L.)”, Ł-IPS (PS/LD20/229.05/30).

#### **Literatura**

- [1] Gacek E.S.: *Lista opisowa odmian roślin rolniczych 2015. Zbożowe*, Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), Słupia Wielka, 2015.
- [2] Nuss E.T., Tanumihardjo, S.A.: *Maize: A paramount staple crop in the context of global nutrition*, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **9**, 2010, str. 417-436.
- [3] <http://www.fao.org/faostat/en/> - dostęp dnia 11-03-2020.
- [4] Główny Urząd Statystyczny: *Produkcja upraw rolnych i ogrodnictwa w 2018 r.*, Warszawa, 2019.
- [5] Główny Urząd Statystyczny: *Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2018 r.*, Warszawa, 2019.
- [6] Niedziółka I., Szymanek M., Zuchniarz A.: *Ocena właściwości energetycznych i mechanicznych brykietów z masy poźniwej kukurydzy*, *Inżynieria Rolnicza* **7** (95), 2007, str. 153-159.
- [7] Arseniuk E., Oleksiak T.: *Historia rozwoju i naukowego wsparcie hodowli, uprawy i produkcji kukurydzy w Polsce*, *Kukurydza* **9**, 2017, str. 11-15.
- [8] Adamczyk J., Rogacki J., Cygert H.: *Postęp w hodowli kukurydzy w Polsce*, *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura* **9** (4) 2010, str. 85-91.

- [9] Podk6wka Z.: *Kukurydza w zywieniu zwierzqt*, [w:] *Kukurydza roslinqt przyszlosci*, Wyd. III, Specjalny dodatek do dwutygodnika „Agro Serwis”, Wydawnictwo Biznes Press Sp. z o. o., Warszawa 2005, str. 67-70.
- [10] Hoajt J., Zaliwski S. A.: *Modelowanie technologii produkcji kukurydzy uprawianej na CCM*, *Inzynieria Rolnicza* **2** (100), 2008, str. 43-50.
- [11] Gwirtz J. A., Garcia-Casal M. N.: *Processing maize flour and corn meal food products*, *Annals of the New York Academy of Sciences* **1312** (11), 2014, str. 66-75.
- [12] Niedziolka I., Szymanek M.: *Przemyslowe i energetyczne wykorzystanie ziarna kukurydzy*, *MOTROL-Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa* **5**, 2003, str. 155-121.
- [13] Niedziolka I., Szymanek M., Rybczyński R.: *Technologia produkcji kukurydzy cukrowej*, *Acta Agrophysica* **114**, 2004, str. 1-11.
- [14] Slaska-Grzywna B., Andrejko D., Rułka A.: *Zmiany wlasciwosci mechanicznych ziarna kukurydzy pod wplywem obr6bki cieplnej*, *Inzynieria Rolnicza* **3** (138), 2012, str. 237-244.
- [15] Sapińska E., Balcerek M., Stanisiz M.: *Fermentacja alkoholowa gestych zacierkow kukurydzianych*, *Acta Agrophysica* **18** (2), 2011, str. 431-441.
- [16] Kaszkowiak E., Kaszkowiak J.: *Wykorzystanie ziarna kukurydzy na cele energetyczne*, *Inzynieria i Aparatura Chemiczna* **50** (3), 2011, str. 35-36.
- [17] Weidner S.: *Wykorzystanie analiz proteomicznych do wyjasnienia biologicznych podstaw tolerancji stresow u roslin*, *Acta Scientiarum Polonorum Biotechnologia* **14** (2), 2015, str. 43-56.
- [18] Bereś P. K., Mr6wczynski M., Korbas M., Paradowski A.: *Integrowana ochrona kukurydzy w Polsce – aktualny stan badan i wdrozen* *Podstawy Ochrony Roslin* **53** (1), 2013, str. 167-175.
- [19] Drzewiecki S., Krzyzinska B., Pietryga J.: *Wielokierunkowe dzialanie mieszanin insektycydowo-fungicydowych w ochronie kukurydzy*, *Podstawy Ochrony Roslin* **54** (3), 2014, str. 380-385.
- [20] Czembor E., Frasiński S., Stępień Ł.: *Reakcja genotypow kukurydzy na infekcje wybranymi izolatami grzybow z rodzaju Fusarium sekcji Liseola*, *Podstawy Ochrony Roslin* **58** (2), 2018, str. 81-86.
- [21] Bereś P. K., Strażyński P., Mr6wczynski M.: *Metodyka integrowanej ochrony kukurydzy dla doradcow*, Instytut Ochrony Roslin – PIB, Poznań, 2019.
- [22] Walig6ra H., Szulc P., Skrzypczak W.: *Podatnosć odmian kukurydzy cukrowej na gl6wnię guzowatq (Ustilago zea Beckm.)*, *Nauka Przyroda Technologia* **2** (3), 2008, str. 1-6.
- [23] Martínez de la Parte E., Bott D. W., Lorenzo M. E., Barriol D. G., Rodríguez D. C., Gutiérrez G. R., Ricabal P. S., León Y. G.: *Head smut of maize caused by Sphacelotheca reiliana (J. G. Kühn) G. P. Clinton in Cuba*, *Fitosanidad* **20** (1), 2016, str. 33-38.

- [24] Rochi L., Diéguez M. J., Burguener G., Darino M. A., Pergolesi M. F., Ingala L. R., Cuyeu A. R., Turjanski A., Kreff E. D., Sacco F.: *Characterization and comparative analysis of the genome of Puccinia sorghi Schwein, the causal agent of maize common rust*, Fungal Genetics and Biology **112**, 2018, str. 31-39.
- [25] Levic J., Pencic V.: *Utilization of Carbon, Nitrogen and Sulphur Compounds by Kabatiella zae Narita et Hiratsuka*, Journal of Phytological Research **128** (4), 2008, str. 321-332.
- [26] Degani O., Dor S., Movshowitz D., Fraidman E., Rabinovitz O., Graph S.: *Effective chemical protection against the maize late wilt causal agent, Harpophora maydis, in the field*, PLoS ONE **13** (12), 2018.
- [27] Yeh Y. H., Kirschner R.: *Sarocladium spinificis, a new endophytic species from the coastal grass Spinifex littoreus in Taiwan*, Botanical Studies **55**, 2014, str. 25.
- [28] Goswami R. S., Kistler H. C.: *Heading for disaster: Fusarium graminearum on cereal crops*, Molecular Plant Pathology **5** (6), 2004, str. 515-525.
- [29] Wenda-Piesik A., Lemańczyk G., Twarużek M., Błajet – Kosicka A., Kazek M., Grajewski J.: *Fusarium head blight incidence and detection of Fusarium toxins in wheat in relation to agronomic factors*, European Journal of Plant Pathology **149**, 2017, str. 515-531.
- [30] Picot A., Barreau C., Pinson-Gadais L., Caron D., Lannou C., Richard-Forget F.: *Factors of the Fusarium verticillioides-maize environment modulating fumonisin production*, Critical Reviews in Microbiology **36** (3), 2010, str. 221–231.
- [31] Romero M. P., Wise K. A.: *Development of molecular assays for detection of Stenocarpella maydis and Stenocarpella macrospora in corn*, Plant Diseases **99**, 2015, str. 761–769.
- [32] Borecki Z., Schollenberger M.: *Polskie Nazwy Chorób Roślin Uprawnych*, Polskie Towarzystwo Fitopatologiczne, Poznań 2017.
- [33] Naumann T. A., Wicklow D. T., Kendra D. F.: *Maize seed chitinase is modified by a protein secreted by Bipolaris zeicola*, Physiological and Molecular Plant Pathology **74**, 2009, str. 134-141.
- [34] Ogliari J. B., Guimarães M. A., Geraldi I. O., Camargo L. E. A.: *New resistance genes in the Zea mays – Exserohilum turcicum pathosystem*, Genetics and Molecular Biology **28** (3), 2005, str. 435–439.
- [35] Lewandowski P.: *Modyfikacje induktorów odporności roślin w celu zwiększenia ich efektywności biologicznej – praca doktorska*, Wydział Chemii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza, Poznań, 2019.
- [36] Roper M.C.: *Pantoea stewartii subsp. stewartii: lessons learned from a xylem-dwelling pathogen of sweet corn*, Molecular Plant Pathology **12** (7), 2011, str. 628-637.
- [37] Mallowa S. O., Mbofung G. Y., Eggenberger S. K., Den Adel R. L., Scheiding S. R., Robertson A. E.: *Severe wounding is not necessary for infection of maize by Clavibacter michiganensis subsp. nebraskensis*, Plant Diseases **100**, 2016, str. 724-731.

- [38] Krittidetch A., Wilawan C., Dusit A.: *Detection of Acidovorax avenae subsp. avenae in commercial corn seeds and its correlation with seedling transmission*, African Journal of Biotechnology **12** (45), 2013, str. 6376-6381.
- [39] Tagele S. B., Kim S. W., Lee H. G., Lee Y. S.: *Potential of novel sequence type of Burkholderia cenocepacia for biological control of root rot of maize (Zea mays L.) caused by Fusarium temperatum*, International Journal of Molecular Sciences **20**, 2019, str. 1-18.
- [40] Lang J. M., DuCharme E., Ibarra Caballero J., Luna E., Hartman T., Ortiz-Castro M., Korus K., Rascoe J., Jackson-Ziems T. A., Broders K., Leach J. E.: *Detection and characterization of Xanthomonas vasicola pv. vasculorum (Cobb 1894) comb. nov. causing bacterial leaf streak of corn in the United States*, Phytopathology **107** (11), 2017, str. 1312-1321.
- [41] García-González T., Sáenz-Hidalgo H.K., Silva-Rojas H.V., Morales-Nieto C., Vancheva T., Koebnik R., Ávila-Quezada G.D.: *Enterobacter cloacae, an Emerging Plant-Pathogenic Bacterium Affecting Chili Pepper Seedlings*, Journal of Plant Pathology **34** (1), 2018, str. 1-10.
- [42] Toscano S., Romano D., Massa D., Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A.: *Biostimulant applications in low input horticultural cultivation systems*, Italus Hortus **25** (2), 2018, str. 27-36.
- [43] Yakhin O. I., Lubyaynov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H.: *Biostimulants in plant science: A global perspective*, Frontiers in Plant Science **7**, 2017, str. 1-32.
- [44] Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A.: *Biostimulants and crop responses: A review*, Biological Agriculture and Horticulture **31** (1), 2015, str. 1-17.
- [45] Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W.: *Agricultural uses of plant biostimulants*, Plant Soil and Environment **383**, 2014, str. 3-41.
- [46] Rouphael Y., Colla G.: *Synergistic biostimulatory action: designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture*, Frontiers in Plant Science **9**, 2018, str. 1655.
- [47] Cristiano G., Pallozzi E., Conversa G., Tufarelli V., De Lucia B.: *Effects of an animal-derived biostimulant on the growth and physiological parameters of potted snapdragon (Antirrhinum majus L.)*, Frontiers in Plant Science **9**, 2018, str. 861.
- [48] du Jardin P.: *Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation*, Scientia Horticulturae **196**, 2015, str. 3-14.
- [49] Drobek M., Frąc M., Cybulska J.: *Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress—a review*, Agronomy **9**, 2019, str. 335.
- [50] Nawrocka J., Małolepsza U.: *Diversity in plant systemic resistance induced by Trichoderma*, Biological Control **67**, 2013, str. 149-156.
- [51] Ziosi V., Zandoli R., Di Nardo A.: *Biological activity of different botanical extracts as evaluated by means of an array of in vitro and in vivo bioassays*, Acta Horticulturae **1009**, 2013, str. 61-66.

- [52] Jamiołkowska A., Hetman B, Skwaryło-Bednarz B., Kopacki M.: *Integrowana ochrona roślin w Polsce i Unii Europejskiej oraz prawne podstawy jej funkcjonowania*, Annales UMCS **1**, 2017, str. 103-111.
- [53] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz.U. L 309 z 24.11.2009).
- [54] Anjum S. A., Wang L., Farooq M., Xue L., Ali S.: *Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions*. Journal of Agronomy and Crop Science **197**, 2011, str. 409-417.
- [55] Matysiak K., Kaczmarek S., Krawczyk R.: *Influence of seaweed extracts and mixture of humic acid fulvic acids on germination and growth of Zea mays L.*, Acta Scientiarum Polonorum Agricultura **10**, 2011, str. 33-45.
- [56] Zhang X., Ervin E. H.: *Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance*, Crop Science **44** (5), 2004, str. 1737.
- [57] Schiavon M., Ertani A., Nardi S.: *Effects of an alfalfa protein hydrolysate on the gene expression and activity of enzymes of TCA cycle and N metabolism in Zea mays L.* Journal of Agricultural and Food Chemistry **56**, 2008, str. 11800-11808.
- [58] Ertani A., Cavani L., Pizzeghello D., Brandellero E.: *Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings*, Journal of Plant Nutrition and Soil Science **172**, 2009, str. 237-244.
- [59] Nardi S., Carletti P., Pizzeghello D., Muscolo A.: *Biological activities of humic substances*, w: Senesi N., Xing B., Huang P.M.: *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*, Wiley, Hoboken 2009, str. 305-340.
- [60] Ertani A., Pizzeghello D., Altissimo A., Nardi S.: *Use of meat hydrolyzate derived from tanning residues as plant biostimulant for hydroponically grown maize*, Journal of Plant Nutrition and Soil Science **176**, 2013, str. 287-295.
- [61] Lagogianni C. S., Tsitsigiannis D. I.: *Effective biopesticides and biostimulants to reduce aflatoxins in maize fields*, Frontiers in Microbiology **10**, 2019, str. 2645.
- [62] Djonović S., Vargas W. A., Kolomiets M. V., Horndeski M., Wiest M. A., Kenerley C. M.: *A proteinaceous elicitor Sm1 from the beneficial fungus trichoderma virens Is required for induced systemic resistance in maize*, Plant Physiology **145** (3), 2007, str. 875-889.
- [63] Contreras-Cornejo H. A., Macías-Rodríguez L., del-Val E., Larsen J.: *The root endophytic fungus Trichoderma atroviride induces foliar herbivory resistance in maize plants*, Applied Soil Ecology **124**, 2019, str. 45-53.
- [64] Bradáčová K., Weber N. F., Morad-Talab N., Asim M., Imran M., Weinmann M., Neumann G.: *Micronutrients (Zn/Mn), seaweed extracts, and plant growth-promoting bacteria as cold-stress protectants in maize*, Chemical and Biological Technologies in Agriculture **3** (1), 2016, str. 1-10.

- [65] Zandonadi D. B., Canellas L. P., Façanha A. R. *Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation*, *Planta* **225**, 2007, str. 1583-1595.
- [66] Ertani A., Schiavon M., Muscolo A., Nardi S.: *Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed Zea mays L. plants*, *Plant Soil*, 364, 2013, str. 145-158.