

ROZPRAWY NAUKOWE
501

Zuzanna Sawinska

**Aktywność biologiczna zapraw nasiennych
opartych na substancjach
z grupy inhibitorów dehydrogenazy
kwasu bursztynowego (SDHI)
w uprawie jęczmienia ozimego**



POZNAŃ 2018

AKTYWNOŚĆ BIOLOGICZNA ZAPRAW NASIENNYCH OPARTYCH NA SUBSTANCJACH Z GRUPY INHIBITORÓW DEHYDROGENAZY KWASU BURSZTYNOWEGO (SDHI) W UPRAWIE JĘCZMIENIA OZIMEGO

ABSTRAKT

Cel badań. Wskazanie potencjału dostępnych na polskim rynku zapraw nasiennych, opartych na substancjach z grupy inhibitorów dehydrogenazy kwasu bursztynowego (SDHI) w ograniczaniu porażenia przez patogeny oraz ich wpływu na wybrane parametry fluorescencyjne i plon ziarna jęczmienia ozimego.

Materiał i metody. Badania polowe przeprowadzono w latach 2013–2015 na podstawie doświadczeń zlokalizowanych w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń, filia Brody (52°26' N, 16°17' E), należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenie założono jako jednoczynnikowe w układzie bloków losowanych w czterech powtórzeniach z uprawą jęczmienia ozimego. Obejmowało siedem kombinacji, w tym sześć z materiałem siewnym traktowanym różnymi zaprawami nasennymi oraz obiekt kontrolny bez ochrony. Kombinacjami doświadczalnymi były użyte do zaprawiania ziarna siewnego: Baytan Trio 180 FS, Kinto Duo 80 FS, Systiva 333 FS, Vibrance Gold 100 FS oraz Vibrance 500 FS. Poza Kinto Duo 80 FS, każda zawierała w składzie substancję aktywną z grupy karboksamidów: fluksapyroksad w produkcie Systiva 333 FS, fluopyram w Baytan Trio 180 FS oraz sedaksan w Vibrance 500 FS i Vibrance Gold 100 FS. Badania polowe uzupełniono próbami w komorach wzrostu oraz szklarniach w celu określenia parametrów fizjologicznych roślin jęczmienia ozimego oraz tempa liniowego wzrostu grzybni – *in vitro*.

Podsumowanie. Plon ziarna jęczmienia ozimego był zróżnicowany w latach badań, określony warunkami meteorologicznymi i rodzajem zaprawy nasiennej. W wyniku zastosowania preparatów zawierających w składzie substancje aktywne z grupy SDHI (fluopyram, fluksapyroksad i sedaksan) nastąpiło zwiększenie plonu ziarna w stosunku do obiektu kontrolnego bez zaprawy nasiennej oraz kombinacji Kinto Duo 80 FS w każdym roku badań. W 2013 roku na obiekcie kontrolnym i kombinacji Kinto Duo 80 FS obserwowano najniższe plony ziarna, masę tysiąca ziaren (MTZ), masę hektolitra oraz indeksu liściowego (LAI). Rok 2014 cechował się najwyższymi plonami, a tym samym analizowane parametry (MTZ, masa hektolitra czy LAI) przyjmowały wartości największe. Wymienione cechy związane z plonowaniem wyróżniały Baytan Trio 180 FS oraz Kinto Duo 80 + Systiva 333 FS. Analiza wariancji wskazała istotny statystycznie wpływ zapraw nasiennych i lat badań na zgorzel siewek (*Fusarium* spp.), pleśń śniegową zbóż i traw (*Microdochium nivale*), pałecznicę zbóż i traw (*Typhula incarnata*), mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*Blumeria graminis*) oraz plamistość siatkową liści jęczmienia (*Pyrenophora teres* (Died.) Drechs). Interakcja czynnika badawczego z latami badań nie została potwierdzona dla *T. incarnata* i *P. teres*. Wyróżniono trzy grupy skuteczności zwalczania grzybów chorobotwórczych. Pierwszą tworzą Vibrance Gold 100 FS, Vibrance 500 FS i Baytan Trio 180 FS, które ograniczają występowanie: zgorzeli siewek, pleśni śniegowej zbóż i traw,

główni pyłacej jęczmienia, pasiastości liści jęczmienia oraz pałecznicy zbóż i traw, nie mając wpływu na porażenie liści przez *B. graminis* i *P. teres*. Drugą grupę stanowi Kinto Duo 80 FS, który nie ogranicza pałecznicy zbóż i traw oraz chorób liści. Trzecia grupa to kombinacje cechujące się największym wpływem na choroby odnasienne i odglebowe: Systiva 333 FS stosowana pojedynczo lub w mieszaninie z Kinto Duo 80 FS. Fluksapyroksad zawarty w Systiva 333 FS zwalczał dodatkowo choroby nalistne powodowane przez *B. graminis* i *P. teres*, czego nie obserwowano w odniesieniu do żadnej z pozostałych kombinacji. Spośród patogenicznych gatunków grzybów najbardziej wrażliwymi na testowane fungicydy w warunkach *in vitro* były *Rhizoctonia cerealis* i *Rhizoctonia solani*. Najslabsze zahamowanie wzrostu dotyczyło *T. incarnata*. Analiza wpływu zapraw nasiennych na tempo liniowego wzrostu grzybni potwierdziła wyniki z warunków polowych, wskazując patogeny do prowadzenia badań polowych w celu określenia skuteczności zapraw nasiennych wobec *T. incarnata* oraz *Gaeumannomyces graminis*. Badania prowadzone w komorze wzrostu wykazały, że użycie zapraw wpływało korzystnie na łagodzenie uszkodzeń aparatu fotosyntetycznego wynikających ze stresu suszy. Poszczególne zaprawy przyczyniły się do poprawy przebiegu fotosyntezy na różnych jej etapach. Największe różnice zaobserwowano na roślinach wyrosłych z ziarna zaprawionego Luna Privilege 500 SC i Vibrance Gold 100 FS, ponieważ nie stwierdzono negatywnego wpływu stresu suszy na rośliny jęczmienia. Na dalszym etapie reakcji fotochemicznych (całkowita redukcja akceptorów w PSII – fotoukład II) najniższa efektywność dotyczyła roślin niezaprawionych, a najwyższa – traktowanych Luna Privilege 500 SC, Vibrance Gold 100 FS oraz Vibrance 500 FS. Interesujące, że wyniki tych zapraw wskazują na efektywniejszą pracę PSII w warunkach suszy, niż u roślin niepoddanych stresowi suszy. Wymienione preparaty, poza ochroną przed stresem abiotycznym, zapewniły roślinie wyższą wydajność reakcji fotochemicznych w stanie całkowitego wysycenia światłem bądź większą ilość chlorofilu. Badania wskazują na cenne dla praktyki rolniczej właściwości substancji aktywnych z grupy SDHI, dotąd nieuwzględniane w badaniach i analizach, takie jak aktywność biologiczna wobec pałecznicy zbóż i traw, zgorzeli podstawy źdźbła oraz silnie modyfikowane przez te substancje parametry fizjologiczne. Pozwala to zwiększyć tolerancję roślin na stres suszy, zwłaszcza z użyciem fluopyramu i sedaksanu.

Słowa kluczowe: jęczmień ozimy, aktywność biologiczna zapraw nasiennych, substancje z grupy inhibitorów dehydrogenazy kwasu bursztynowego (SDHI), fluorescencja, stres suszy

BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE SUCCINATE-DEHYDROGENASE-INHIBITOR (SDHI) BASED SEED TREATMENT IN WINTER BARLEY GROWTH

ABSTRACT

The aim of the research. The aim of the research was to indicate the potential of the succinate-dehydrogenase-inhibitor (SDHI) based seed treatments available on our market on limiting disease infections. The impact of SDHI and on selected fluorescent parameters and yield of winter barley was also tested.

Material and methods. Field research was conducted in the years 2013-2015 based on the studies located in the Research and Education Center Gorzyn, branch Brody (52°26' N, 16°17' E) Poznań University of Life Sciences. A one-factor field study in a system of blocks drawn in four replications with winter barley cultivation was set up. It comprised 7 combinations, including 6 seed treatments and a control object without any protection. Experimental combinations were: Baytan Trio 180 FS, Kinto Duo 80 FS, Systiva 333 FS, Vibrance Gold 100 FS, and Vibrance 500 FS, used for seed treatment. Those combinations were used. Apart from Kinto Duo 80 FS each of the seed treatments used in the experiment contained in its composition an active substance from the group of carboxamides. The substances of this chemical group include fluxapyroxad in Systiva 333 FS, fluopyram in Baytan Trio 180 FS, sedaxane in Vibrance 500 FS and Vibrance Gold 100 FS. Field studies were supplemented with research in growth chambers and greenhouses. The aim was to determine the physiological parameters of winter barley plants and the linear growth of mycelium *in vitro*.

Summary. The yield of winter barley grain was varied in the years of research and depended on both meteorological conditions and the type of seed treatment. As a result of the use of preparations containing in its composition active substances from the SDHI group (fluopyram, fluxapyroxad and sedaxane), the yield of winter barley grain increased in each year. The yield was compared to the control object without seed dressing and the combination of Kinto Duo 80 FS. The lowest yield, weight of one thousand grains (MTZ), hectolitre mass and leaf area (LAI) were observed in 2013 on the control plant and the Kinto Duo 80 FS combination. The year 2014 was characterized by the highest yields, and thus also the parameters analyzed, such as the MTZ, hectolitre mass or LAI, took the highest values from all years of research. The highest values of analyzed features associated with yielding were obtained for Baytan Trio 180 FS and Kinto Duo 80 + Systiva 333 FS mixture seed treatments. In reference to fungal pathogens evaluated in the studies, the analysis of variance indicated statistically significant influence of seed dressings and years of research on seedling blights (*Fusarium* spp.), snow mold (*Microdochium nivale*), grey snow mould (*Typhula incarnata*), powdery mildew of grass and cereals (*Blumeria graminis*), barley leaf net blotch (*Pyrenophora teres*). The interaction of the research factor with the years of research has not been confirmed for *T. incarnata* and *P. teres*. The analyzes allowed to distinguish three groups of effectiveness in fighting against pathogenic fungi. The first group comprises of Vibrance Gold 100 FS as well as Vibrance 500

FS and Baytan Trio 180 FS. Those compounds limit paralysis with such as: fusarium seedling blights, snow mold, loose smut, leaf stripe and a grey snow mould, while having no effect on leaf disease caused by *B. graminis* and *P. teres*. The second group includes a seed treatment Kinto Duo 80 FS, which in the years of research did not limit the grey snow mould and leaf diseases. The third group are research combinations with the greatest impact on diseases affecting seeds and soil – Systiva 333 FS used singly or in a mixture with Kinto Duo 80 FS. Fluxapyroxad present in Systiva 333 FS was additionally combating the foliar diseases caused by *Blumeria graminis* and *Pyrenophora teres*, which was not observed with any of the other tested combinations. Among the pathogenic fungal species, *Rhizoctonia cerealis* and *Rhizoctonia solani* were the most susceptible to fungicides in *in vitro* tests. The weakest growth inhibition was observed in relation to the *T. incarnata*. The analysis of the influence of seed treatments on the linear growth of mycelium confirmed the results obtained in field conditions. Pathogens for which field trials may be conducted to determine the efficacy of the tested seed treatment against *T. incarnata* and *Gaeumannomyces graminis* have been indicated. Research conducted in the growth chambers showed that the use of seed treatment had a positive effect on the mitigation of damage to the photosynthetic apparatus resulting from drought stress. Each treatment contributed to the improvement of photosynthesis at its various stages. The largest differences were observed in plants treated with Luna Privilege 500 SC and Vibrance Gold 100 FS. No negative impact of drought stress on winter barley plants was noted. At the next stage of photochemical reactions (total reduction of acceptors in PSII), the lowest efficiency was recorded in untreated plants. The highest efficiency was recorded in plants treated with Luna Privilege 500 SC and Vibrance Gold 100 FS and Vibrance 500 FS. It is interesting to note that in the case of these seed treatments, the results indicate a more effective PSII work in drought conditions than in plants not subjected to drought stress. The above preparations, in addition to protection against abiotic stress, provided the plant with a higher efficiency of photochemical reactions in the state of complete saturation with light. A greater amount of chlorophyll was another result of the use of the above preparations. The conducted research indicates the properties of active substances from the SDHI group, valuable for agricultural practice, not yet taken into account in research and analysis. Those properties are e.g., biological activity in relation to the grey snow mould, take-all and physiological parameters. Those physiological parameters, as demonstrated by the performed analyzes, are strongly modified by SDHI substances to such an extent that it allows to increase the tolerance of plants to drought stress, especially in relation to fluopyram and sedaxane substances.

Keywords: winter barley, biological activity of seed treatment, succinate-dehydrogenase-inhibitor (SDHI), fluorescence, drought stress

KOMITET REDAKCYJNY

**Anna Golcz, Anna Gramza-Michałowska, Stanisław Grześ,
Jolanta Komisarek, Andrzej Krauss, Andrzej Mazur,
Sebastian Nowaczewski, Julita Reguła, Arkadiusz Sadowski,
Jacek Wójtowski (przewodniczący), Anna Zielińska-Krybus**

Redaktor Działu

dr hab. Stanisław Grześ

Recenzent

dr hab. inż. Grzegorz Lemańczyk, prof. nadzw.

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
Poznań 2018, Poland



Książka jest dostępna na licencji Creative Commons – Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe (CC BY-NC-ND 4.0)

ISSN 1896-1894

ISBN 978-83-7160-904-6

e-ISBN 978-83-67112-83-3

<https://doi.org/10.17306/978-83-67112-83-3>

Redakcja

Lucyna Borowczyk

Skład i łamanie

Donata Latusek

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO W POZNANIU

ul. Witosa 45, 60-693 Poznań

tel.: 61 848 78 08, e-mail: wydawnictwo@up.poznan.pl

<https://wydawnictwo.up.poznan.pl/>

Ark. wyd. 9,0

Wersja elektroniczna dostępna na stronie <https://wydawnictwo.up.poznan.pl/books.html?dostepnosc=open%20access> oraz w serwisie <https://www.ibuk.pl/>

SPIS TREŚCI

1.	Wstęp	9
2.	Materiał i metody	15
2.1.	Opis doświadczeń polowych	15
2.2.	Opis doświadczeń laboratoryjnych	16
2.3.	Opis doświadczeń w komorze wzrostu	17
2.4.	Zakres i metody badań	18
2.4.1.	Plon oraz wybrane parametry łanu i ziarna jęczmienia	18
2.4.2.	Ocena jakości siewnej ziarna jęczmienia	19
2.4.3.	Ocena porażenia roślin jęczmienia przez patogeny	19
2.4.4.	Parametry fizjologiczne roślin jęczmienia oceniane w doświadczeniu w komorze wzrostu	20
2.4.5.	Ocena liniowego wzrostu grzybni – badania <i>in vitro</i>	21
2.5.	Warunki glebowe	22
2.6.	Warunki meteorologiczne	22
2.7.	Zabiegi agrotechniczne w doświadczeniach polowych prowadzonych w Brodach	26
2.8.	Ocena statystyczna wyników	27
3.	Wyniki badań	29
3.1.	Wartość siewna oraz wigor zaprawionego ziarna jęczmienia	29
3.2.	Wpływ zapraw nasiennych na zdrowotność i plonowanie jęczmienia	30
3.2.1.	Zdrowotność jęczmienia	30
3.2.2.	Plon oraz wybrane parametry łanu i ziarna jęczmienia	44
3.3.	Wpływ zapraw nasiennych na liniowy wzrost grzybni	50
3.4.	Wybrane wskaźniki fluorescencji jęczmienia oceniane w warunkach komory wzrostu	63
4.	Dyskusja	81
5.	Wnioski	93
6.	Literatura	95

1 Wstęp

Najnowszy, opublikowany w grudniu 2017 roku, raport Komisji Europejskiej „EU Agricultural Outlook 2017–2030” wskazuje, że we wszystkich krajach UE ubywa ziemi o przeznaczeniu rolniczym, głównie z powodu postępującej urbanizacji terenów wiejskich. Obecnie unijni rolnicy użytkują około 176 mln ha, a do 2030 roku ta powierzchnia może się zmniejszyć do 172 mln ha. Populacja ludzka żyje dzięki najwyżej 20 gatunkom roślin. Stosunkowo niewielka liczba gatunków zapewnia wyprodukowanie większości podstawowych produktów żywnościowych w praktycznie wszystkich krajach na świecie. Należy jednak pamiętać, że każdy z nich ma ograniczony region geograficzny, w którym może być uprawiany w warunkach optymalnych. Jedną z roślin wymienianych na liście gatunków stanowiących podstawę żywienia ludzi na świecie jest jęczmień.

W krajach Europy Zachodniej jęczmień ozimy zajmuje, odwrotnie niż w Polsce, znacznie większą powierzchnię upraw niż forma jara (Friedt i Ordon, 2013; Munoz i in., 1998). W sezonie wegetacyjnym 2016/17 całkowita produkcja jęczmienia ozimego i jarego wyniosła na świecie ok. 148,03 mln ton, przy czym Rosja (17,55 mln ton) była wiodącym producentem tego gatunku na świecie (FAO, 2017). Jęczmień ozimy jest rośliną, która cechuje się potencjalnie wysoką wydajnością ziarna z 1 ha, sięgającą ponad 10 ton (Ansovini, 2009; Hłasko-Nasalska i in., 2012; Noworolnik, 2008). Charakteryzuje się wyższą wartością paszową niż żyto (większa zawartość białka oraz aminokwasów egzogennych) i owies (mniejsza zawartość plewki). Również słoma jęczmienna ma lepszą jakość od pozostałych zbóż ze względu na wyższą zawartość białka.

Jęczmień ozimy ma największą ze zbóż ozimych odporność na wiosenne susze. Szybciej bowiem wchodzi w fazę strzelania w źdźbło i kłoszenia, dzięki czemu w okresach krytycznego zapotrzebowania bardziej efektywnie wykorzystuje wodę z zapasów pozimowych (Ryan i in., 2008). Charakteryzuje się również niskim współczynnikiem transpiracji, dlatego w porównaniu z pozostałymi zbożami jest najmniej wrażliwy na majowe susze. Ma też krótszy okres wegetacji, w stosunku do innych zbóż ozimych, na skutek szybszego rozwoju roślin, czyli o około 3–4 tygodnie wcześniejszym dojrzewaniem w porównaniu z pszenżytem ozimym czy pszenicą ozimą. Jego uprawa może więc być odpowiedzią na zachodzące w ostatnich latach zmiany czynników klimatycznych.

Jedną z wad upraw jęczmienia ozimego jest mniejsza zimotrwałość w porównaniu z innymi gatunkami zbóż ozimych oraz niewielka tolerancja na kwaśny odczyn gleby. Bez okrywy śnieżnej znosi mrozy do -10°C . Pamiętać jednak

należy, że jęczmień jest jedną z roślin mających dużą zdolność do regeneracji (Friedt i Ordon, 2013; Szewcow i in., 2007).

W literaturze krajowej najczęściej w odniesieniu do jęczmienia ozimego znajdujemy informacje o podejmowaniu badań dotyczących nawożenia azotem i intensywności technologii uprawy (Chrzanowska-Drożdż i Kaczmarek, 2007; Cwojdzński i Majcherczak, 2002; Majcherczak i in., 2005; Nasalski i in., 2004). Kolejnym analizowanym w badaniach tematem jest gęstość oraz termin siewu jęczmienia ozimego wielorzędowego i dwurzędowego (Leszczyńska i Noworolnik, 2017; Noworolnik, 1992; 2007). Poza wymienionymi ważnymi czynnikami agronomicznymi, nie należy zapominać o chorobach roślin uprawnych, które są jednymi z ważniejszych czynników ograniczających wielkość i jakość plonu (Strange i Scott, 2005). Patogeny roślin są trudne do kontrolowania, ponieważ ich populacje wyróżnia zmienność w czasie, przestrzeni i genotypie. Ewolują, często pokonując opór uzyskany dzięki pracom hodowlanym. Powodowane przez nie coroczne straty są szacowane co najmniej na 10% produkcji. Jak podaje Oreke (2006), stanowi to 9–16% w uprawach: ryżu, pszenicy, jęczmienia, kukurydzy, ziemniaka, soi czy bawełny. Bardzo często związane z uprawą roślin stare i dobrze znane praktyki zarządzania środowiskiem (płodozmian, uprawa orkowa, uprawy mieszane czy nawożenie organiczne) zostają wyparte ze względów ekonomicznych, co niesie konsekwencje w postaci silniejszej presji chorób i szkodników (Kumar, 2012).

Zarówno materiał siewny, jak i gleba mogą być źródłem patogenów powodujących osłabienie rozwoju roślin, a w następstwie obniżenia ilości oraz jakości plonu (Görtz i in., 2008).

Zabieg zaprawiania materiału siewnego pozwala ograniczyć rozwój chorób, a tym samym poprawia kondycję roślin od ich najwcześniejszych faz rozwojowych (Kumar, 2012; Montfort i in., 1996; Sawinska, 2008). Początek stosowania fungicydów, a szczególnie zapraw nasiennych datuje się po 1600 roku, kiedy to siarczan miedzi (CuSO_4) wykorzystano po raz pierwszy w bardzo dużej koncentracji do ochrony pszenicy przed śniecią cuchnącą (Deliopoulos i in., 2010). Prace nad zastosowaniem miedzi kontynuował Prévost (1807), który w 1807 roku odnotował i opisał silne działanie tego związku na hamowanie kiełkowania zarodników grzyba nazywanego dziś *Tilletia caries*. Od tamtej pory zaprawy nasienne są stosowane w rolnictwie z dobrym skutkiem i są uznawane za istotny element programów ochrony wszystkich roślin uprawnych. Heydecker i Coolbear (1977) podają, że zaprawianie materiału siewnego jest podobne do „opieki matki nad dziećmi”, zapewniając ochronę od kiełkujących nasion do wczesnych faz rozwojowych roślin.

Inhibitory demetylacji metioniny – wpływające w organizmach grzybów na biosyntezę steroli, szczególnie triazole, imidazole i pirymidyny – stanowią najważniejszą grupę fungicydów układowych używanych do zaprawiania materiału siewnego (Kuck i in., 1995). Na temat triazoli znajdziemy w literaturze informacje wskazujące, iż mają działanie nie tylko fungicydowe, lecz także zbliżone do regulatorów wzrostu roślin ze względu na zdolność modyfikowania szlaku sterolu różnych organizmów. Triazole bowiem hamują biosyntezę giberyliny,

co prowadzi do ograniczania wzrostu wydłużeniowego korzeni i pędów (Görtz i in., 2008). Förster i in. (1980), badając pierwsze wprowadzane jako zaprawa nasienna substancje aktywne, czyli triadimefon i triadimenol, wskazywali na ich silne działanie w zahamowaniu wzrostu korzeni, pędów i koleoptylu jęczmienia. Opóźnienie wydłużania pierwszego liścia po zastosowaniu zapraw z substancjami z grupy triazoli zostało opisane w wielu pracach (Buchenauer i Röhner, 1981; Buchenauer i in., 1984). Pozafungicydowe efekty działania triadimenolu i tritikonazolu w pszenicy – obejmujące redukcję długości koleoptylu, pierwotnych liści i wydłużania międzywęźli – opisali w swoich pracach Anderson (1989), Cavariani i in. (1994) oraz Montfort i in. (1996). Informacje zawarte w wymienionych publikacjach wskazują, że zaprawy nasienne mogą pełnić wiele ról poza tą podstawową, którą jest ochrona fungicydowa.

Wprowadzenie do użycia karboksamidów (SDHI – inhibitory mitochondrialnego kompleksu II: karboksyna i oksykarboksyna) pierwszej generacji datuje się na koniec lat sześćdziesiątych XX wieku. Były to związki hamujące procesy oddychania, skuteczne w zwalczaniu chorób powodowanych głównie przez *Basidiomycetes* (Zhang i in., 2009). Fungicydy z grupy karboksamidów działają na patogeny poprzez wpływanie na dehydrogenazę bursztynianu w mitochondrialnym łańcuchu oddechowym grzybów. Docelowym miejscem ich działania jest kompleks dehydrogenazy bursztynianowej w łańcuchu oddechowym (kompleks II) w miejscu wiązania ubichinonu (SQR). Na skutek zakłócenia transportu elektronów następuje zahamowane oddychania mitochondrialnego (Avenot i in., 2008; Kuhn, 1984; Stammler i in., 2007; Zhang i in., 2009). Drugą stosowaną obecnie generacją inhibitorów dehydrogenazy bursztynianowej są preparaty o szerokim spektrum aktywności wobec grzybów patogenicznych dla wielu gatunków roślin uprawnych (Avenot i Michailides, 2010). W Wielkiej Brytanii czy Niemczech fungicydy z grupy SDHI cieszą się bardzo dużą popularnością; używa się ich tam na około 60% powierzchni pól uprawnych (Ammermann i in., 2002; Sierotzki i Scalliet, 2013). Tak duża popularność substancji aktywnych z tej grupy chemicznej wiąże się jednak z poważnym ryzykiem związanym z powstawaniem odporności. Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) prowadzi ocenę ryzyka występowania odporności. W odniesieniu do preparatów z grupy SDHI jest ono oceniane na średnie do wysokiego (Brent i Hollomon, 2007). Ze względu na duże zagrożenie ryzykiem odporności, do badań podstawowych dla tej grupy chemicznej wprowadzono obowiązek monitoringu odporności grzybów patogenicznych na preparaty SDHI od chwili ich wprowadzenia na rynek. Zgodnie z zaleceniami FRAC, z uwagi na występowanie odporności krzyżowej w obrębie grupy SDHI, preparaty powinny być stosowane profilaktycznie, gdy ryzyko wystąpienia choroby jest duże. Nie należy ich używać interwencyjnie, zwłaszcza kiedy liczna jest populacja patogenu (McKay i in., 2011). Stosowane w formie zapraw nasiennych powinny być używane maksymalnie dwukrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego, najlepiej w połączeniu z inną substancją czynną lub naprzemiennie ze środkami z innych grup niemających odporności krzyżowej (McKay i in., 2011). Do preparatów niewykazujących odporności krzyżowej z SDHI należą: strobiluryny, benzimi-

dazole, triazole czy anilinopirymidyny (Klappach i in., 2014; Stammler i in., 2007). Obecnie w wyniku prowadzonych badań i monitoringu wytrzymałości na substancje z grupy karboksamidów zauważono już pojawianie się odporności u patogenów takich, jak *Ustilago maydis*, *Mycosphaerella graminicola*, *Ustilago nuda*, *Aspergillus nidulans* czy *Alternaria alternata* w pistacji (Avenot i Michailides, 2007; Bardas i in., 2010).

Dużym problemem zarówno światowym, jak i polskim są nie tylko patogeny, lecz także deficyt wody oraz ekstremalnie wysokie temperatury, przy niskiej wilgotności powietrza, prowadzące do stresu suszy, będącej jednym z czynników najbardziej ograniczających wydajność roślin (Mittler, 2006). W takich warunkach odporność na stres abiotyczny staje się jedną z bardziej pożądanых cech roślin.

Do najważniejszych procesów fizjologicznych zachodzących w roślinie zaliczamy fotosyntezę. Jest ona zasadniczym czynnikiem warunkującym proces akumulacji biomasy, a przez to wytworzenie ostatecznego plonu (Murkowski i Mila, 2010). Natomiast fluorescencja chlorofilu *a* jest zjawiskiem emisji zwrotnej części zaabsorbowanej energii świetlnej, która powoduje wzbudzenie cząsteczek chlorofilu (Reigosa-Roger, 2001). W warunkach naturalnych aparat fotosyntetyczny traci od 0,5% do około 5% zaabsorbowanej wcześniej energii poprzez fluorescencję chlorofilu (Bolhar-Nordenkampf i Öquist, 1993). Fluorescencja *a* odzwierciedla więc aktywność aparatu fotosyntetycznego i jest miarą aktywności fotosyntetycznej liścia (Baker, 2008). Analiza parametrów fluorescencyjnych dostarcza informacji na temat funkcjonowania aparatu fotosyntetycznego (Guoth i in., 2009; Hura i in., 2007). Jak wskazują badania (Aly i Latif, 2011; Buchenauer i in., 1984; Görtz i in., 2008), substancje takie, jak: propikonazol, diclobutrazol, triadimenol czy paklobutrazol, stosowane w formie zaprawy nasiennej, wpływały na zwiększenie mrozoodporności oraz tolerancję roślin na stres suszy czy zasolenia. Zatem opisane fizjologiczne i morfologiczne efekty stosowania zapraw nasiennych mogą poprawiać tolerancję roślin na różne stresy środowiskowe, co daje nam możliwość spojrzenia przez nieco inny pryzmat na zaprawianie nasion i stosowane do tego celu zaprawy nasienne.

Na podstawie wniosków wynikających z przedstawionych rozważań można stwierdzić, że ochronę chemiczną – w postaci zarówno zaprawiania materiału siewnego, jak i zabiegów nalistnych – wyróżniają nie tylko zalety, ale i wady. Niewątpliwie do ograniczeń w stosowaniu ochrony chemicznej zalicza się choćby wysokie koszty, selektywność, pozostałości oraz toksyczność dla środowiska. Zatem obecnie stosowanie zapraw nasiennych powinno wiązać się z wyrafinowaną strategią, która przekształci się w wartościowy, skuteczny i mniej szkodliwy dla środowiska składnik produkcji rolnej. Chemiczne zaprawianie materiału siewnego można wykorzystywać w celu osiągnięcia wielu korzyści, takich jak: poprawa wschodów poprzez ochronę przed patogenami przenoszonymi przez nasiona oraz glebę, zapobieganie rozprzestrzenianiu inokulum patogenów przenoszonych przez nasiona, ochrona nadziemnych części roślin przed porażeniem patogenami nalistnymi czy poprawa wigoru i równomierności wschodów. Zaprawianie nasion odgrywa więc ważną rolę w produktywności rolnictwa oraz

w jego zrównoważeniu i wydajności. Pozwala też na wysoce ukierunkowane stosowanie małych, równomiernych dawek produktu, przy dużej skuteczności i jednoczesnym zmniejszeniu ryzyka presji selekcyjnej patogenów. Duża część potencjału produkcyjnego roślin jest określana w ciągu pierwszych tygodni ich wzrostu. Jeśli w tym czasie rośliny są poddawane stresowi abiotycznemu czy biotycznemu, wpływa to na ich rozwój przez cały sezon wegetacji, a ostatecznie także na potencjał plonowania.

W hipotezie roboczej założono, że rośliny najbardziej są podatne na stres na początku wegetacji, w czasie kiełkowania i wschodów. Zaprawianie materiału siewnego może być wsparciem pracy hodowców, dając roślinie dodatkowy impuls ochronny we wczesnych fazach rozwojowych. Stresory – np. choroby, temperatura i dostępność wody – mogą wpływać na zdolność kiełkowania nasion i ich żywotność, a zaprawa nasienna może przyczynić się do ich ograniczenia. Dodatkowo zaprawę nasienną cechuje wygoda stosowania: w chwili siewu jest już na ziarnie, dzięki czemu nie trzeba używać dodatkowej siły roboczej, paliwa czy czasu niezbędnego do zabiegów nalistnych, nie zawsze możliwych do wykonania ze względu na warunki meteorologiczne.

Celem podjętych badań było wskazanie potencjału zapraw nasiennych, opartych na substancjach z grupy karboksamidów (SDHI), w ograniczaniu porażenia patogenami oraz określenie ich wpływu na wybrane parametry fluorescencyjne i plon ziarna jęczmienia ozimego.

2 Materiał i metody

2.1. Opis doświadczeń polowych

Badania polowe przeprowadzono w latach 2013–2015 na podstawie doświadczeń zlokalizowanych w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń, filia Brody (52°26' N, 16°17' E), należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenie założono jako jednoczynnikowe w układzie bloków losowanych w czterech powtórzeniach z uprawą jęczmienia ozimego. Obejmowało ono siedem kombinacji, w tym pięć zapraw nasiennych oraz obiekt kontrolny bez ochrony. Materiał siewny jęczmienia zaprawiano preparatami: Baytan Trio 180 FS, Kinto Duo 80 FS, Systiva 333 FS, Vibrance Gold 100 FS oraz Vibrance 500 FS. Poza Kinto Duo 80 FS każda z użytych w doświadczeniu zapraw nasiennych zawierała w swoim składzie substancję aktywną z grupy karboksamidów (tab. 1). Do substancji z tej grupy chemicznej zaliczamy: fluksapyroksad w produkcie Systiva 333 FS, fluopyram – w Baytan Trio 180 FS, sedaksan – w zaprawach Vibrance 500 FS i Vibrance Gold 100 FS.

Badania polowe prowadzono w dwóch odrębnych doświadczeniach z wykorzystaniem dwóch odmian jęczmienia ozimego. Do oceny plonu oraz skuteczności użytych w doświadczeniu zapraw nasiennych przeciwko zgorzeli siewek (*Cochliobolus sativus*, *Fusarium* spp.), pleśni śniegowej zbóż i traw (*Microdochium nivale*), pałecznicy zbóż i traw (*Typhula incarnata*) oraz pojawiających się w sezonie wegetacyjnym choroby liści wysiewano jęczmień ozimy odmiany 'Horus'. Zboże uprawiano na poletkach o powierzchni 25 m² (100 m² na jedną kombinację doświadczalną), z których zbierano plon. Natomiast do oceny skuteczności zwalczania głównej pylącej jęczmienia (*Ustilago nuda*) i pasiastości liści jęczmienia (*Pyrenophora graminea*) corocznie używano naturalnie zainfekowany tymi patogenami materiał siewny jęczmienia ozimego odmiany 'Calp'. Był on uprawiany na poletkach o powierzchni 3 m² (12 m² na jedną kombinację doświadczalną), zgodnie z zapisami normy EPPO 1/19 (4) (EPPO, 2003). W tym doświadczeniu nie zbierano plonu.

Tabela 1. Zaprawy nasienne zastosowane w doświadczeniu polowym
Table 1. Seed treatment use in field experiment

Obiekty Treatments	Substancja aktywna i jej zawartość Active ingredient and its content	Dawka (ml/100 kg ziarna) Dose (ml/100 kg grains)
Kontrola Untreated	–	–
Vibrance Gold 100 FS	fludioksonil/difenokonazol/sedaksan (25/25/50 g·l ⁻¹)	200
Vibrance 500 FS	sedaksan (500 g·l ⁻¹)	10
Systiva 333 FS	fluksapyroksad (333 g·l ⁻¹)	150
Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	fluksapyroksad (333 g·l ⁻¹) + prochloraz/tritikonazol (60/20 g·l ⁻¹)	150 + 200
Baytan Trio 180 FS	triadimenol/fluoksastrobina/fluopyram (150/25/5 g·l ⁻¹)	200
Kinto Duo 80 FS	prochloraz/tritikonazol (60/20 g·l ⁻¹)	200

2.2. Opis doświadczeń laboratoryjnych

Badania prowadzono w latach 2014-2015 w cieplarkach Katedry Fitopatologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w warunkach kontrolowanych. Oznaczano wpływ zapraw nasiennych na izolaty sześciu gatunków grzybów patogennych porażających rośliny zbożowe (tab. 2). Do badań laboratoryjnych użyto: *Fusarium culmorum*, *Rhizoctonia solani*, *Rhizoctonia cerealis*, *T. incarnata*, *Gaeumannomyces graminis* i *M. nivale*. Izolaty badanych patogenów pochodziły z roślin pobieranych w czasie ocen w stacjach badawczych uniwersytetu (Brody, Przybroda i Złotniki) w latach prowadzenia badań. *F. culmorum* izolowano z ziarna pszenicy ozimej. Izolaty *R. solani* i *R. cerealis* pozyskiwano ze źdźbeł oraz korzeni pszenicy i jęczmienia, podobnie jak *G. graminis*. W celu uzyskania izolatów *T. incarnata* i *M. nivale*, wiosną po ruszeniu wegetacji, pobierano całe porażone rośliny jęczmienia. Badane preparaty – Vibrance Gold 100 FS, Vibrance 500 FS, Systiva 333 FS, Kinto Duo 80 FS, Luna Privilege 500 SC i Baytan Trio 180 FS – dodawano do pożywki agarowo-glukozowo-ziemniaczanej (PDA) schłodzonej do temperatury 45°C. Stosowano takie ilości, aby uzyskać stężenia: 100, 10, 1,0, 0,1, 0,01 µg·l⁻¹.

Tabela 2. Zaprawy nasienne zastosowane w doświadczeniu laboratoryjnym
Table 2. Seed dressings use in laboratory experiment

Obiekty Treatments	Substancja aktywna i jej zawartość Active ingredient and its content
Kontrola Untreated	–
Baytan Trio 180 FS	triadimenol/fluoksastrobina/fluopyram (150/25/5 g·l ⁻¹)
Luna Privilege 500 SC	fluopyram (500 g·l ⁻¹)
Kinto Duo 80 FS	prochloraz/tritikonazol (60/20 g·l ⁻¹)
Vibrance 500 FS	sedaksan (500 g·l ⁻¹)
Systiva 333 FS	fluksapyroksad (333 g·l ⁻¹)
Vibrance Gold 100 FS	fludioksonil/difenokonazol/sedaksan (25/25/50 g·l ⁻¹)

2.3. Opis doświadczeń w komorze wzrostu

W komorze wzrostu (fotoperiod 16 h dnia i 8 h nocy, temp. 22 ±2°C) oraz w szklarni Katedry Agronomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, w latach 2015–2016 przeprowadzono, z użyciem fluorymetru modulowanego, trzy serie doświadczeń wazonowych, zgodnie z metodyką, którą opisali Kalaji i Guo (2008) oraz Kalaji i Łoboda (2009). W dwuczynnikowym doświadczeniu ziarniaki jęczmienia wysiewano w wazonach do podłoża zmieszanego w stosunku 60% ziemi rolniczej pobranej z Przybrody (II klasa bonitacyjna) i 40% torfu ogrodniczego. Doniczki napełniano podłożem w ilości 0,8 kg i lekko ubijano.

Czynnik I rzędu – zaprawy nasienne

Zaprawione, zgodnie ze schematem zawartym w tabeli 3, ziarniaki jęczmienia ozimego odmiany ‘Horus’ wysiewano do wazonów, które umieszczano w komorze wzrostu.

Czynnik II rzędu – stres suszy

W okresie od siewu do rozpoczęcia wywoływania stresu suszy rośliny jęczmienia utrzymywano w dobrej kondycji i regularnie podlewano (150 ml H₂O na wazon co 72 h) do uzyskania przez rośliny fazy pierwszego liścia (BBCH 11). Po rozpoczęciu stresu suszy wilgotność monitorowano za pomocą wilgotnościomierza z sondą (SM 150 Moisture Sensor, AT Delta-T Devices, Cambridge, England) do uzyskania wilgotności objętościowej na poziomie wody trudno dostępnej dla roślin. Pomiar przeprowadzono dla każdego z badanych obiektów tego samego dnia, zachowując kolejność powtórzeń. Pomiar I (stres suszy) wykonano w fazie BBCH 12-13, pomiar II (po regeneracji) w fazie BBCH 13-14. W celu sprawdzenia zdolności roślin jęczmienia do regeneracji po stresie suszy ponownie zaczęto je podlewać w ilości 150 ml H₂O na wazon co 72 h. Po ośmiu

Tabela 3. Zaprawy nasienne zastosowane w komorze wzrostowej
Table 3. Seed treatment use in the growth chamber

Obiekty Treatments	Substancja aktywna i jej zawartość Active ingredient and its content	Dawka (ml/100 kg ziarna) Dose (ml/100 kg grains)
Kontrola Untreated	–	–
Vibrance Gold 100 FS	fludioksonil/difenokonazol/sedaksan (25/25/50 g·l ⁻¹)	200
Vibrance 500 FS	sedaksan (500 g·l ⁻¹)	10
Systiva 333 FS	fluksapyroksad (333 g·l ⁻¹)	150
Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	fluksapyroksad (333 g·l ⁻¹) + prochloraz/tritikonazol (60/20 g·l ⁻¹)	150 + 200
Luna Privilege 500 SC	fluopyram (500 g·l ⁻¹)	2
Baytan Trio 180 FS	triadimenol/fluoksastrobina/fluopyram (150/25/5 g·l ⁻¹)	200
Kinto Duo 80 FS	prochloraz/tritikonazol (60/20 g·l ⁻¹)	200

dniach regeneracji przeprowadzano pomiar w sposób analogiczny, czyli na tym samym liściu, zachowując kolejność powtórzeń oraz warunki pomiaru.

2.4. Zakres i metody badań

2.4.1. Plon oraz wybrane parametry ładu i ziarna jęczmienia

W doświadczeniu oznaczono następujące parametry:

- obsadę roślin w fazie wschodów (BBCH 11-12) – liczono obsadę na powierzchni 0,5 m² na każdym poletku (2 × 0,25 cm w rzędzie)
- indeks powierzchni liści LAI (BBCH 57–61) oznaczany za pomocą miernika SunScan Canopy Analysis System typ SSI – producent Delta-T Devices Ltd, Wielka Brytania
- plon ziarna z powierzchni 15 m² i przeliczony na 15% wilgotności
- masę 1000 ziaren (na materiale bez uszkodzeń); w tym celu odliczono i zważono 2 × 500 ziaren na elektronicznym liczniku nasion „Kopciuszek” firmy ARLAB S.C. według normy PN-68/R-74017 (1968)
- masę hektolitra – gęstość ziarna oznaczono w stanie zsypanym gęstościomierzem z pojemnikiem jednolitrowym, według normy PN-ISO 7971-2 (1998).

2.4.2. Ocena jakości siewnej ziarna jęczmienia

Ocenę jakości siewnej ziarna przeprowadzono zgodnie z metodami stosowanymi w Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa oraz założeniami ISTA (2011; Dąbrowska i in., 2000). Badania polegały na oznaczeniu energii kiełkowania oraz zdolności kiełkowania, a także przeprowadzeniu testów wigorowych: wzrostu siewki i szybkości wzrostu siewki. Dodatkowo określono długość korzonka. Test wzrostu siewki wykonano na zasadzie testu rulonowego, na próbie 25 ziaren w czterech powtórzeniach. Każdy z rulonów składał się z trzech warstw zwilżonej bibuły filtracyjnej (bibuła jakościowa typ 3m o czasie retencji 30 s) o rozmiarach 45 cm × 56 cm. Rulony umieszczano w szafie termostatycznej „ST 5+” w temperaturze 19°C i czasie optymalnym do oceny kiełkowania jęczmienia, czyli energię kiełkowania oznaczano po czterech dniach, a zdolność kiełkowania po siedmiu dniach. Po tym okresie przeprowadzono pomiary długości siewek normalnych. W dalszym etapie siewki normalne uzyskane w teście wzrostu siewki wykorzystano do przeprowadzenia testu szybkości wzrostu siewki. Poddano je więc suszeniu w suszarce z termoobiegiem w temperaturze 80°C przez 24 h, a następnie ważeniu w celu uzyskania masy pojedynczej siewki. Ponadto wyliczono indeks wigoru jako iloczyn średniej długości kiełka (cm) i średniej zdolności kiełkowania (%).

2.4.3. Ocena porażenia roślin jęczmienia przez patogeny

Oceny porażenia liści przeprowadzono jesienią przed ustaniem wegetacji i wiosną w fazie krzewienia (BBCH 27-29) oraz w fazie w pełni wykształconego liścia flagowego (BBCH 39). Ocenę w danej fazie rozwojowej prowadzono na wybranym poziomie liścia o najwyższym procentowym udziale porażenia.

Wzrokowo nasilenie chorób liści oceniono na podstawie klucza graficznego opracowanego przez European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), określając procent powierzchni liścia z widocznymi objawami chorobowymi spowodowanymi przez patogen zgodnie z metodyką dla chorób zbóż – EPPO 1/26 (4) (EPPO, 2012). Nasilenie występowania chorób oceniano na podstawie próby 100 roślin pobieranych losowo z każdej kombinacji badawczej, tj. 25 z każdego powtórzenia (Gutteridge i in., 1987; Sone i in., 1994).

Oceny porażenia chorobami odnasiennymi i odglebowymi prowadzono zgodnie z metodyką EPPO 1/19 (4) (EPPO, 2003). Metodyka określa zakres oraz częstotliwość ocen: zgorzeli siewek powodowanej przez *Fusarium* spp. i *Pytium* spp., pleśni śniegowej zbóż i traw (*M. nivale*), pasiastości liści jęczmienia (*P. graminea*) i głowni pylącej jęczmienia (*Ustilago nuda* var. *hordei*). Wielkość poletek (bez pasów ochronnych) do tego typu doświadczeń wynosiła 3 m². Badając zgorzel siewek oraz pleśń śniegową zbóż i traw, na każdym poletku, w czterech losowo wybranych równych odcinkach rzędu, wykopywano rośliny tak, aby uzyskać z poletka próbę 25 sztuk. Następnie w otrzymanej próbie

określano procentowy udział roślin porażonych przez oceniane patogeny. Dla zgorzeli siewek powodowanej przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. wykonywano jedną ocenę po zakończeniu wschodów w fazie BBCH 12–14. Dla pleśni śniegowej zbóż i traw ocenę przeprowadzono wiosną, po ruszeniu wegetacji BBCH 21–29.

Ocenę *P. graminea*, zgodnie z metodyką EPPO 1/19(4) (EPPO, 2003), prowadzono krótko po początku kłoszenia (BBCH 51-53). Późno tworzące się źdźbła nie podlegały ocenie. W odniesieniu do *U. nuda* var. *hordei* ocenę wykonywano podczas kwitnienia (BBCH 61–69). Ustalano liczbę porażonych źdźbeł na poletko, badając pasiastosc liści lub zakażonych kłosów na skutek głowni pylącej.

Rozpoznanie objawów chorobowych powodowanych przez *T. incarnata*, wywołującego pałecznicę zbóż i traw, prowadzono zgodnie z metodyką EPPO 1/206 (1) (EPPO, 1997). Ocenę przeprowadzano wiosną, po ruszeniu wegetacji w fazie BBCH 21–29. Z pięciu miejsc na poletku wykopywano losowo po pięć sąsiadujących ze sobą w jednym rzędzie roślin tak, aby uzyskać 25 roślin z jednego poletka. Kwalifikację roślin prowadzono zgodnie ze skalą:

- 1 – rośliny zdrowe
- 2 – sklerocja obecne, liście zdrowe
- 3 – sklerocja obecne, liście z objawami porażenia
- 4 – rośliny martwe.

2.4.4. Parametry fizjologiczne roślin jęczmienia oceniane w doświadczeniu w komorze wzrostu

W doświadczeniu oznaczano:

- F_o – fluorescencję początkową
- F_m – fluorescencję maksymalną
- F_v/F_m – maksymalną fotochemiczną wydajność PSII
- Yield (Y) – wydajność kwantową reakcji fotochemicznej
- ETR – wskaźnik transportu elektronów, $ETR = (Y(II) (0,84) (0,50) (PAR))$.

Fluorescencję chlorofilu *a* mierzono za pomocą fluorymetru modulowanego (Fluorometr OS5p, OPTI-SCIENCES.INC., Hudson, USA). Przyrząd jest wyposażony w klips PAR, który umożliwia pomiar PAR (*photosynthetic active radiation*) lub PPFD (*photosynthetic photon flux density*) oraz pomiar temperatury liścia. Parametry ustawienia fluorymetru w czasie przeprowadzania ocen w doświadczeniu zostały dobrane zgodnie z wytycznymi producenta (Instrukcja..., 2011).

Do przeprowadzenia doświadczenia wybrano protokół kinetyczny trwający 255 s z jednym błyskiem światła modulowanego. Pierwszym etapem pomiaru był błysk światłem modulowanym o intensywności około 0,1 μmol . Jest to intensywność niewystarczająca do wzbudzenia fotosyntezy, ale odpowiednia do

pomiaru fluorescencji minimalnej (F_o). Źródłem światła modulowanego (*modulation source*) było światło czerwone, które zostało ustawione na intensywność modulacji (*modulation intensity*) w pozycji 20 i wzmocnienie (*detector gain*) w pozycji 4. Drugim etapem było bardzo intensywne, krótkotrwałe działanie błysku światła. Miało na celu przesylenie PSII, zamknięcie wszystkich centr reakcji i pomiar fluorescencji maksymalnej (F_m) oraz obliczenie maksymalnej fotochemicznej efektywności fotosystemu II (F_v/F_m) według wzoru $(F_v - F_o)/F_m$. Błysk światłem wysycającym (*saturation flash intensity*) ustawiono na pozycję 30. Następnie wszystkie źródła światła pomiarowego (z wyjątkiem źródła światła modulowanego) wyłączono i wykonano pomiar wygaszenia fotochemicznego (qN). Ostatnim etapem było ponowne wzbudzenie światła aktywnego (*actinic source*) w celu ponownego pobudzenia fotosyntezy. Źródłem światła aktywnego użytego w protokole była lampa halogenowa. Intensywność światła aktywnego (*actinic intensity*) została ustawiona na pozycję 15. Nastąpiło już zainicjowanie mechanizmu rozpraszania energii fotochemicznej i cieplnej, większość energii była więc emitowana w postaci fluorescencji. Sygnał fluorescencji zaczął się zmniejszać razem z transportem elektronów i rozpoczął się proces karboksylacji. Pomiary wykonywano zawsze na tym samym, najmłodszym, w pełni wykształconym liściu rośliny. Pomiary w ciemności przeprowadzono w kontrolowanych warunkach w komorze klimatycznej w temperaturze 22-24°C, po uprzedniej adaptacji do ciemności przez 120 min, gdy rośliny osiągnęły fazę BBCH 12-13.

2.4.5. Ocena liniowego wzrostu grzybni – badania *in vitro*

Każde doświadczenie przeprowadzono dwukrotnie w czterech powtórzeniach, a wyniki przedstawiono jako średnią dwóch serii badań. Kombinację kontrolną stanowiła pożywka PDA bez dodatku badanych substancji, ale z grzybnią. Z zewnętrznej strefy dwutygodniowych kultur wycinano przerośnięte grzybnią krążki pożywki o średnicy 5 mm. Następnie krążki umieszczano na plastikowych płytkach Petriego o średnicy 8,5 cm zawierających 18 ml pożywki wraz z odpowiednią ilością fungicydu. Płytki inkubowano w kontrolowanych warunkach komory Bindera. Pomiar średnicy kultur w każdej kombinacji wykonano po dwóch i siedmiu dniach od inokulacji w odniesieniu do wszystkich grzybów patogenicznych, poza *T. incarnata*. Badania tego ostatniego prowadzono po 4 i 14 dniach ze względu na jego wolniejszy wzrost. Średnicę kultur mierzono w miejscu najszerszym, uwzględniając również średnicę prostopadłą do mierzonej. Do obliczeń przyjmowano wartość średnią obu pomiarów. Obliczono średni dobowy przyrost grzybni w milimetrach, a następnie określono ograniczenie wzrostu względem obiektów kontrolnych na podstawie wzoru:

$$O_w = (K - F/K) \cdot 100$$

gdzie: O_w – zahamowanie wzrostu,

K – wzrost grzyba na płytkach kontrolnych,

F – wzrost grzyba na płytce z dodatkiem substancji wpływającej na wzrost.

2.5. Warunki glebowe

Doświadczenia polowe prowadzone w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń, filia Brody, zlokalizowano na glebie zakwalifikowanej do rzędu gleb płoziemnych, podtypu gleb płowych typowych, rodzaju glina zwałowa oraz gatunku piasków gliniastych lekkich i mocnych, zaliczanej według PTG do klasy bonitacyjnej IIIb-IVa, kompleksu żytniego bardzo dobrego i dobrego. Według międzynarodowej klasyfikacji WRB glebę zaliczono do *Albic Luvisols*, a zgodnie z Soil Taxonomy do *Typic Hapludalfs*, natomiast pod względem uziarnienia jako *loamy sand underlined by loam*. W latach prowadzenia badań gleba ta cechowała się zawartością materii organicznej w granicach 1,1-1,8% przy pH 5,9-6,7.

2.6. Warunki meteorologiczne

Przebieg warunków pogodowych w okresie prowadzenia doświadczenia opracowano na podstawie danych zebranych w Stacji Meteorologicznej w Brodach. Wartości temperatur i sumy opadów za sezony 2012/13, 2013/14, 2014/15 oraz rozkład faz rozwojowych jęczmienia ozimego w latach trwania badań przedstawiono na rysunku 1. Poszczególne lata prowadzenia badań były zróżnicowane pod względem zarówno opadów, jak i średnich temperatur. Długości okresu wegetacji były podobne i trwały: w okresie 2012/13 – 293 dni, 2013/14 – 283 dni, a w ostatnim 2014/15 roku badań – 291 dni.

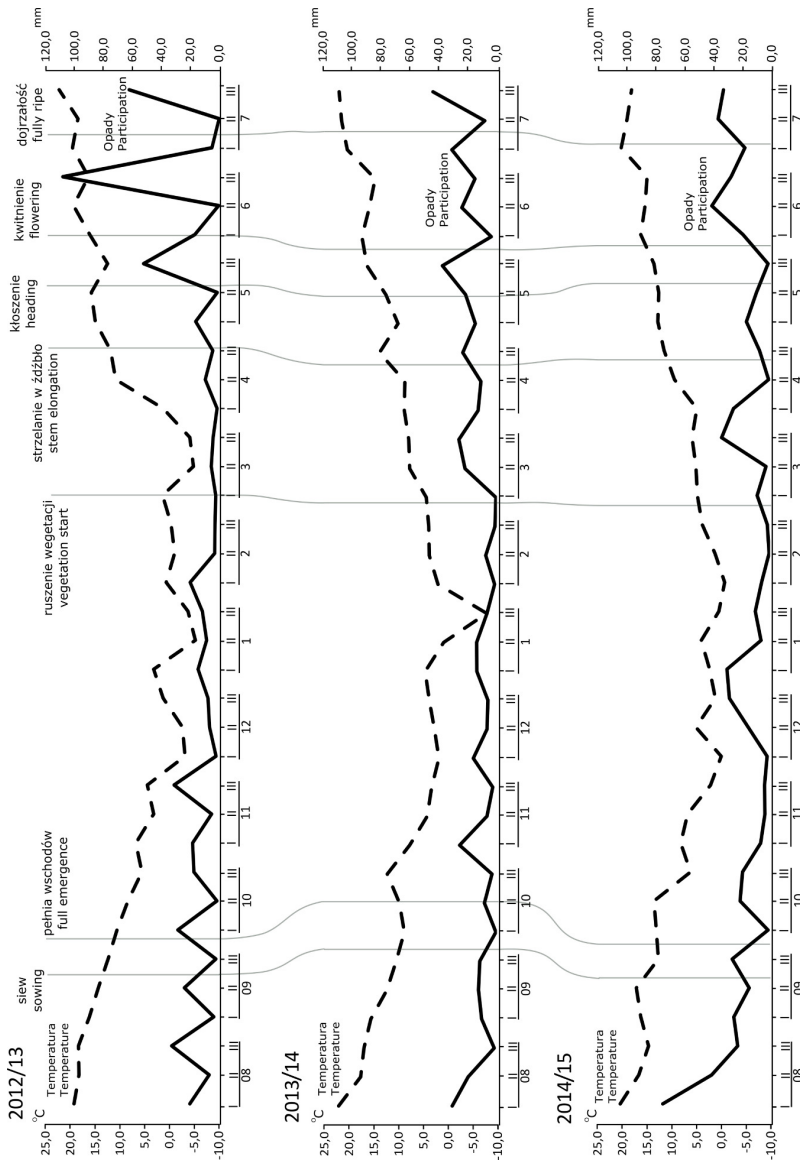
W pierwszym sezonie badań, jesienią 2012 roku, panowały bardzo korzystne warunki zarówno termiczne, jak i wilgotnościowe do rozwoju jęczmienia ozimego. Grudzień i styczeń były cieplejsze niż średnia wieloletnia tego okresu. Wiosna 2013 roku była ciepła, ale bardzo sucha; dopiero w maju zarówno opady, jak i średnia temperatura dobowa były wyższe od średniej z wielolecia i wyniosły odpowiednio 69,8 mm i 14,4°C. Tendencja taka była widoczna również w czerwcu, co sprzyjało silnym infekcjom. Rozpoczęciu żniw i terminowym zbiorom jęczmienia ozimego w 2013 roku sprzyjały niska suma opadów wynosząca 5 mm w pierwszej dekadzie lipca oraz panująca w tym okresie średnia dobowa temperatura sięgająca 19,6°C.

W sezonie wegetacyjnym 2013/14 jesień była sucha i ciepła, zwłaszcza w okresie wschodów jęczmienia, które przypadły na październik. Temperatura

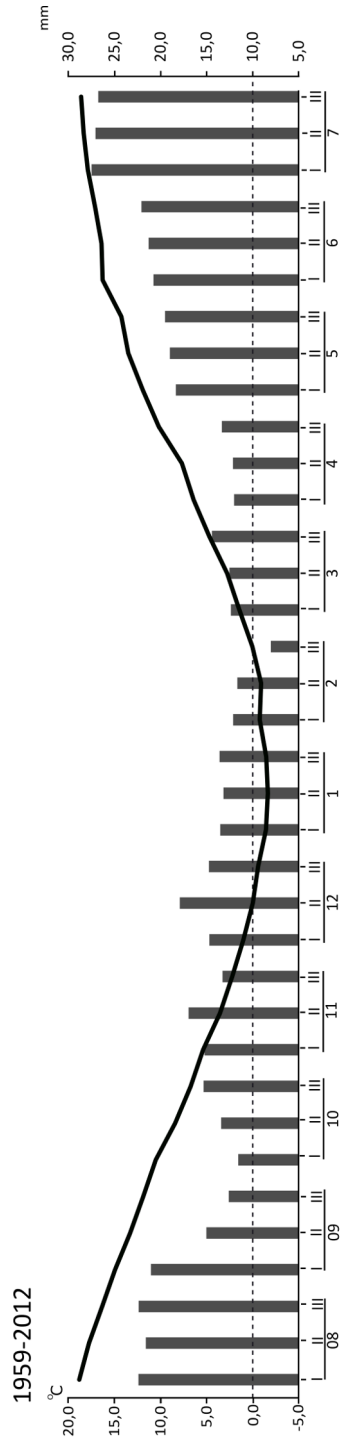
przekraczała o $1,8^{\circ}\text{C}$ średnią z wielolecia dla tego okresu, przy opadach niższych o 29,4 mm. Przełom stycznia i lutego był zbliżony do wielolecia, natomiast w marcu 2014 roku wystąpiły mrozy i temperatura była niższa o prawie 5°C , przy opadach niższych o 27,3 mm od średnich z wielolecia (rys. 1 i 2). Kwiecień był ciepły i suchy, natomiast w maju obserwowano poprawę warunków hydrologicznych. Podobnie jak w poprzednim sezonie, maj i czerwiec, poza wysokim sumami opadów, cechowały temperatury powietrza sprzyjające rozwojowi chorób liści.

Ostatni rok badań wyróżniał korzystny przebieg temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie jesiennym, co sprzyjało wschodom i rozwojowi roślin jęczmienia ozimego. W grudniu i styczniu temperatura kształtowała się powyżej średniej z wielolecia, natomiast opady były na poziomie podobnym do sumy opadów w wieloleciu. Istotnie niższe opady przy wyższych temperaturach obserwowano w lutym 2015 roku, odpowiednio 25,2 mm oraz $0,8^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura w marcu kształtowała się na poziomie $5,2^{\circ}\text{C}$, przy bardzo wysokich opadach wynoszących 43,9 mm. Kwiecień również sprzyjał rozwojowi roślin jęczmienia ozimego oraz chorób grzybowych, ponieważ panowały wysokie temperatury – powyżej 8°C przy sumie opadów wynoszącej 32,0 mm. Opady niższe od średniej z wielolecia (o 31,2 mm) obserwowano w maju, ale już czerwiec zrekompensował braki wody; temperatura powietrza w tym miesiącu była o 1°C niższa niż średnia z wielolecia.

Przebieg warunków pogodowych najmniej korzystny dla wzrostu i rozwoju jęczmienia ozimego był w 2013 roku, kiedy to od kwietnia aż do trzeciej dekady maja małym opadom deszczu towarzyszyły wysokie temperatury. Najbardziej korzystny dla jęczmienia ozimego był ostatni rok badań. Warunki meteorologiczne, zwłaszcza opady deszczu oraz temperatura i wilgotność powietrza, w okresie wegetatywnego i generatywnego wzrostu wywierają istotny wpływ na roślinę. Przedłużają rozwój, a tym samym opóźniają dojrzewanie w niższych temperaturach i przy większej wilgotności powietrza lub przyspieszają pojawianie się kolejnych faz rozwojowych, kiedy występują wyższe temperatury, mała wilgotność powietrza i mała ilość opadów. Badania przeprowadzone nad rozwojem jęczmienia ozimego i związkami korelacyjnymi między fazami fenologicznymi jęczmienia a warunkami meteorologicznymi potwierdzają przedstawioną tezę. Na podstawie wyznaczonych wartości współczynników korelacji liniowej Pearsona stwierdzono, że najsilniejsze dodatnie korelacje między szybkością wzrostu jęczmienia ozimego a sumą opadów wystąpiły w fazie kłoszenia ($r = 0,999$), natomiast średnia dobowa temperatura cechowała się największym wpływem na dojrzałość pełną jęczmienia ozimego ($r = 0,577$). Ponadto przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że szybkość wzrostu była najsilniej ujemnie skorelowana z sumą opadów w fazie pełni wschodów ($r = -0,993$) i strzelania w źdźbło ($r = -0,971$). Średnia dobowa temperatura wykazała natomiast silną ujemną korelację od fazy siewu aż do strzelania w źdźbło (tab. 4). Wyznaczone wartości współczynników korelacji były istotne statystycznie ($p < 0,10$).



Rys. 1. Przebieg faz rozwojowych jęczmienia ozimego na tle warunków meteorologicznych w latach trwania badań 2013-2015 w stacji badawczej w Brodach
Fig. 1. Development of winter barley phenological phases on the meteorological conditions during the course of the study 2013-2015 in Brody Research Station



Rys. 2. Charakterystyka warunków meteorologicznych w stacji badawczej Brody w latach 1959-2012
Fig. 2. Characteristic of the weather condition in Brody Research Station in the years 1959-2012

Tabela 4. Wartość współczynnika korelacji dla faz rozwojowych jęczmienia ozimego na tle warunków meteorologicznych

Table 4. Value of the correlation coefficient for the winter barley phenological phase on the meteorological conditions

Faza rozwojowa jęczmienia Barley phenological phase	Wartość współczynnika korelacji między fazą rozwojową a warunkami meteorologicznymi Value of the correlation coefficient between the phenological phase and the meteorological conditions	
	suma opadów rainfall total	średnia temperatura average temperature
Siew Sowing	-0,141	-0,984*
Pełnia wschodów Ful emergence	-0,993**	-0,942
Ruszenie wegetacji Start vegetation	0,149	-0,950
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	-0,971*	-0,966*
Kłoszenie Heading	0,999*	0,317
Kwitnienie Flowering	0,002	-0,249
Dojrzałość pełna Fuly ripe	-0,440	0,577

*Korelacje istotne dla $p < 0,10$.

**Korelacje istotne dla $p < 0,05$.

*Correlations significant for $p < 0.10$.

**Significant correlation $p < 0.05$.

2.7. Zabiegi agrotechniczne w doświadczeniach polowych prowadzonych w Brodach

Bezpośrednio po zbiorze przedplonu (w 2012 i 2014 roku rzepak ozimy, w 2013 roku pszenica jara), przed wysiewem jęczmienia ozimego wykonywano zespół uprawek poźniwnych, na który składała się podorywka na głębokość 12-15 cm. Corocznie na ściernisko stosowano nawóz (Tarnogran PK): fosfor – P w dawce $12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz potas – K w ilości $23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Około miesiąc przed siewem wykonywano orkę siewną, a następnie pole wyrównywano agregatem składającym się z kultywatora i wału strunowego. Jęczmień ozimy odmian ‘Horus’ i ‘Calp’ wysiewano siewnikiem zbożowym w terminie przypadającym corocznie na trzecią dekadę września, zależnie od masy tysiąca ziaren (MTZ) w ilości $165\text{-}170 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($300\text{-}350 \text{ szt}\cdot\text{m}^{-2}$). W fazie szpilkowania (BBCH

10-11) stosowano herbicydy oparte na diflufenikanie i izoproturonie (Legato Plus 600 SC) lub diflufenikanie i flufenacetanie (Komplet 560 SC) w dawce $0,5 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$. Wiosną w czasie ruszenia vegetacji stosowano nawożenie azotem w dawce $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Drugą dawkę azotu, wynoszącą $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, podawano w fazie BBCH 32-33 w formie saletry amonowej. Corocznie w celu regulacji wzrostu jęczmienia stosowano preparat Moddus 250 EC (substancja aktywna trineksapak etylu) na początku strzelania w źdźbło w dawce $0,4 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$. W momencie pojawienia się pierwszych nalotów skrzypionki lub mszyc stosowano insektycydy oparte na substancjach z grupy pyretroidów (zeta-cypermetyryna, lambda-cyhalotryna): Fury 100 EW w dawce $0,1 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ oraz HELM-Lambda 100 CS w dawce $0,04 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$. Zbiór przeprowadzano, po osiągnięciu przez ziarno jęczmienia dojrzałości pełnej (BBCH 89), kombajnem poletkowym Wintersteiger z automatyczną wagą.

2.8. Ocena statystyczna wyników

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej z zastosowaniem analizy wariancji dla doświadczeń czynnikowych ortogonalnych. Istotność wpływu analizowanych czynników oceniano testem Fishera-Snedecora (Oktaba, 1972). Kiedy odrzucano hipotezę o braku wpływu czynnika (tj. hipotezę o równości średnich dla obiektów), przeprowadzano porównania wielokrotne pomiędzy poszczególnymi obiektami, stosując procedurę Tukeya (Łomnicki, 2007). Wariancję wyników dotyczących porażenia patogenami analizowano po uprzednim przekształceniu wartości według wzoru $y = \arcsin \sqrt{x}$ w celu spełnienia założeń analizy wariancji. Do oceny siły i kierunku powiązań cech mierzonych w skalach metrycznych zastosowano współczynnik korelacji liniowej Pearsona. Dodatnie wartości współczynnika korelacji świadczą o zmianach wartości obu cech przebiegających w tym samym kierunku, tzn. wraz ze wzrostem wartości jednej cechy zwiększają się również wartości drugiej cechy, natomiast ujemne wartości współczynnika korelacji świadczą o przeciwnym kierunku zmian wartości obu cech. Im wartości współczynnika korelacji Pearsona są bliższe 1 lub -1 , tym korelacja między cechami jest silniejsza, a im wartości współczynnika są bliższe 0, tym korelacja między cechami jest słabsza (Wysocki i Lira, 2005).

Statystyczną istotność korelacji badano z zastosowaniem testu t-Studenta na podstawie wartości statystyki określonej wzorem (Wysocki i Lira, 2005):

$$t_0 = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2}$$

o rozkładzie t-Studenta z $n - 2$ stopniami swobody,

gdzie: r – wartość współczynnika korelacji,

n – liczba obserwacji cech.

W przeprowadzonych badaniach wartości współczynnika korelacji liniowej wyznaczono między:

1. cechami charakteryzującymi plonowanie jęczmienia ozimego, tj. plonem, MTZ, masą hektolitra i LAI
2. cechami parametrów fluorescencyjnych, tj. F_o , F_m , F_v/F_m , F_s , F_{ms} , Y , qP, qN, NPQ, ETR
3. cechami takimi, jak liczba dni wegetacji jęczmienia ozimego a warunki meteorologiczne określane sumą opadów i średnią dobową temperaturą w danym roku badań.

W przypadku występowania silnych i statystycznie istotnych korelacji między plonem a pozostałymi cechami go charakteryzującymi wyznaczono równania regresji liniowej:

$$y = b_o + b_1x$$

gdzie: y – zmienna objaśniana, tj. wielkość plonu jęczmienia ozimego ($t \cdot ha^{-1}$),
 x – zmienna objaśniająca, tj. jedna z pozostałych cech charakteryzujących plon, np. MTZ.

Dzięki współczynnikowi determinacji określono w jakim stopniu całkowita zmienność plonu została wyjaśniona poprzez wyznaczone równanie regresji, czyli za pomocą zmiennej objaśniającej.

Zastosowano wielowymiarową hierarchiczną klasyfikację aglomeracyjną należącą do analizy skupień w celu wyznaczenia jednorodnych klas dla kombinacji wykorzystanych w badaniach zapraw nasiennych i lat pod względem:

1. częstości występowania wszystkich porażeń roślin (tj. zgorzeli siewek, pleśni śniegowej zbóż i traw, pałecznicy zbóż i traw, głowni pyłającej jęczmienia, pasiastości liści jęczmienia, mączniaka prawdziwego zbóż i traw, plamistości siatkowej liści jęczmienia)
2. cech dotyczących plonowania roślin (tj. plonu, MTZ, masy hektolitra, LAI).

Wielowymiarowy zbiór danych podzielono na skupienia w taki sposób, by elementy w tej samej klasie były podobne do siebie, a jednocześnie jak najbardziej odmienne od elementów z pozostałych klas. W różnych procedurach hierarchicznej klasyfikacji aglomeracyjnej definiowana odmiennie jest odległość pomiędzy obiektami i wyznaczanie najmniejszej odległości pomiędzy skupieniami (Wysocki, 2010). Grupowanie podklas kombinacji stosowanych preparatów i lat przeprowadzono za pomocą metody Warda z użyciem odległości euklidesowej. Metoda Warda minimalizuje sumę kwadratów odchyłeń wewnątrz skupień i na każdym etapie łączenia spośród wszystkich możliwych par skupień wybiera tę, która w rezultacie łączenia daje skupienie o zróżnicowaniu minimalnym. Kolejne kroki aglomeracji hierarchicznej zostały przedstawione za pomocą wykresu dendrogramu. Optymalną liczbę klas kombinacji stosowanych preparatów i lat (optymalny punkt odcięcia dendrogramu) ustalono na podstawie analizy wielkości przyrostów wariancji wewnątrzklasowej (odległości aglomeracyjnej) w procesie łączenia klas pomiędzy poszczególnymi poziomami łączeń. Relatywnie duże zmiany wartości tych przyrostów sugerują najlepszą liczbę klas (Wysocki, 2010).

3 Wyniki badań

3.1. Wartość siewna oraz wigor zaprawionego ziarna jęczmienia

Badania prowadzono w latach 2013-2015 w laboratorium nasiennym Katedry Agronomii na ziarnie jęczmienia ozimego pobieranym corocznie z materiału przygotowanego do wysiewu i zaprawionego zgodnie ze schematem doświadczenia. Przeprowadzona analiza wariancji nie wykazała wpływu lat na parametry wartości siewnej oraz wigor ziarna jęczmienia, dlatego zrezygnowano z przedstawiania wyników w latach. Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że energia kiełkowania ziarna różniła się znacznie w zależności od badanych zapraw nasiennych (tab. 5). Istotny wpływ czynnika badawczego odnotowano także w przypadku zdolności kiełkowania. Ziarno zaprawione preparatem Baytan Trio 180 FS oraz mieszaniną Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS cechowało się istotnie mniejszą energią i zdolnością kiełkowania w porównaniu z kontrolą i obiektami z Luna Privilege 500 SC (fluopyram) i Vibrance 500 FS (sedaksan). Na kombinacjach Baytan Trio 180 FS oraz Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS obserwowano natomiast najmniejszy udział ziaren przerośniętych grzybnią i gnijących przy jednoczesnym wysokim procencie ziaren zdrowych niekiełkujących oraz anormalnie kiełkujących.

Przeprowadzona analiza średniej długości siewki jęczmienia ozimego (test wzrostu siewki) wykazała, że spośród porównywanych kombinacji długość siewki najsilniej redukowała mieszanina zapraw Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS (4,5 cm). Najdłuższe siewki (tab. 6), mające 7,9 cm, obserwowano w kombinacji Vibrance 500 FS (sedaksan). Przeprowadzony w badaniach test szybkości wzrostu siewki wskazuje, że najkorzystniej na ten parametr wpływała także zaprawa nasienne Vibrance 500 FS. Wartość tego parametru kształtuje się na poziomie 9,1 mg, wobec najniższej wartości 7,3 mg, odnotowanej w odniesieniu do kombinacji opartych na Kinto Duo 80 FS, stosowanej pojedynczo lub w mieszaninie z zaprawą Systiva 333 FS. Widoczne jest tutaj obniżające wartość tego parametru działanie Kinto Duo 80 FS, gdyż po zastosowaniu samej zaprawy Systiva 333 FS wartość omawianego parametru kształtuje się na poziomie 8,3 mg.

Zastosowane w doświadczeniu kombinacje badawcze istotnie modyfikowały także wartości wyliczonego indeksu wigoru. Ziarno jęczmienia z kombinacji z Luna Privilege 500 SC oraz pochodzące z kontroli odznaczało się najwyższymi

Tabela 5. Wartość siewna ziarna jęczmienia w zależności od czynnika doświadczenia – średnio z lat 2013-2015 (%)

Table 5. Sowing value of narrow-leaved barley depending on experimental factor – mean for years 2013-2015 (%)

Oceniane parametry Estimated parameters	Zaprawa nasienna – Seed treatment								
	kontrola untreated	Baytan Trio 180 FS	Luna Privilege 500 SC	Kinto Duo 80 FS	Vibrance 500 FS	Systiva 333 FS	Vibrance Gold 100 FS	Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Energia kiełkowania Germination energy	96,5	81,0	92,3	84,8	91,5	87,0	84,8	80,8	2,99
Zdolność kiełkowania Germination capacity	93,8	87,8	92,8	90,8	92,0	90,8	89,3	87,8	3,61
Ziarna pleśniejące i gnijące Mould and rotting seeds	3,3	0,0	2,0	0,0	1,8	0,3	0,5	0,0	0,84
Ziarna zdrowe niekiełkujące Ungerminated seeds	0,8	5,3	2,2	2,0	2,5	3,3	4,5	5,3	1,97
Ziarna anormalnie kiełkujące Anormal germinated seeds	2,3	7,0	2,3	7,3	3,7	5,7	5,7	8,0	3,07

wartościami indeksu wigoru. Najniższą wartość tego parametru odnotowano dla produktu Baytan Trio 180 FS, który również najbardziej redukująco wpłynął na długość korzonka. Zależność ta została potwierdzona statystycznie.

3.2. Wpływ zapraw nasiennych na zdrowotność i plonowanie jęczmienia

3.2.1. Zdrowotność jęczmienia

Nasilenie chorób na roślinach jęczmienia ozimego oceniono na podstawie oznaczenia wykonywanego zgodnie z założeniami metodycznymi. Przeprowadzona analiza wariancji wykazała wpływ zapraw nasiennych i lat badań na zgorzel siewek, pleśń śniegową zbóż i traw, pałecznicę zbóż i traw oraz mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*Blumeria graminis*), a także plamistość siatkową liści jęczmienia (*Pyrenophora teres*). Interakcja czynnika badawczego z la-

Tabela 6. Wigor ziarna jęczmienia ozimego w zależności od czynnika doświadczenia – średnio z lat 2013-2015
Table 6. Vigor of narrow-leaved winter barley seeds depending on experimental factor – mean for years 2013-2015

Oceniane parametry Estimated parameters	Zaprawa nasienna – Seed treatment								LSD _{0,05} NIR _{0,05}
	kontrola untreated	Baytan Trio 180 FS	Luna Privilege 500 SC	Kinto Duo 80 FS	Vibrance 500 FS	Systiva 333 FS	Vibrance Gold 100 FS	Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS	
Test wzrostu siewki (cm) Seedling growth test (cm)	6,8	5,2	6,8	5,4	7,9	6,9	6,6	4,5	0,56
Test szybkości wzrostu siewki (mg) Seedling growth rate test (mg)	8,5	7,9	7,6	7,3	9,1	8,3	7,8	7,3	0,91
Indeks wigoru Vigor index	1 420	1 141	1 421	1 290	1 380	1 395	1 376	1 250	9,9
Długość korzonka (cm) Root length (cm)	15,1	13,1	15,3	14,2	15,3	15,3	15,4	14,7	1,02

Tabela 7. Wyniki analizy wariancji dla zapraw nasiennych, lat badań i interakcji lat badań z czynnikiem badawczym

Table 7. Results of the analysis of variance for seed treatments, years of research and interaction of years of research with a research factor

Źródło zmienności Source of variation	Empiryczne poziomy istotności testu p (p -value) Empirical significance levels of the p test (p -value)				
	<i>Fusarium</i> spp.	<i>M. nivale</i>	<i>T. incarnata</i>	<i>B. graminis</i>	<i>P. teres</i>
Zaprawa nasenna Seed treatment	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Rok Year	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0034*
Interakcja Interaction	0,0000*	0,0000*	0,2492	0,0000*	0,0641

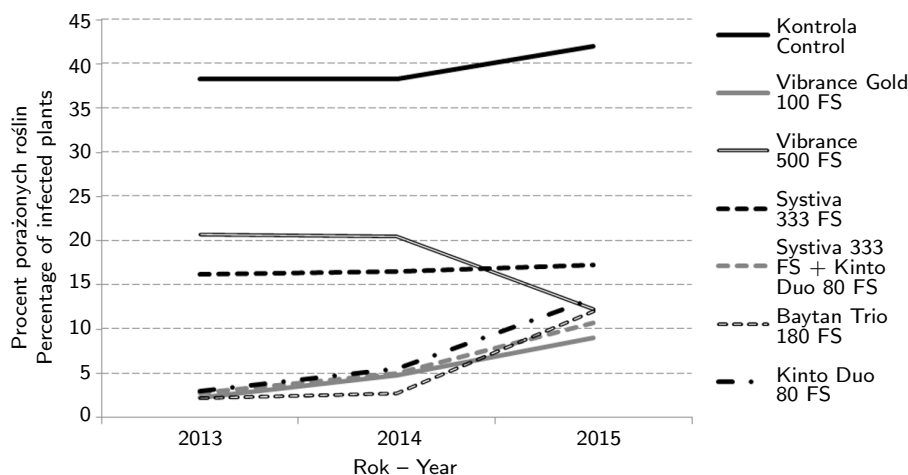
*Różnice istotne statystycznie na poziomie istotności $p < 0,01$.

*Statistically significant differences at the significance level $p < 0.01$.

tami badań została potwierdzona statystycznie dla wszystkich patogenów poza *T. incarnata* i *P. teres* (tab. 7).

Nasilenie występowania zgorzeli siewek było odmienne w latach badań. Najbardziej sprzyjający pojawieniu się choroby był 2015 rok, w porównaniu z latami 2013 i 2014, choć w każdym roku badań porażenie można uznać za duże, ponieważ stwierdzono ponad 35% siewek z objawami choroby (rys. 3). Porażenie siewek jęczmienia przez *Fusarium* spp. w istotny sposób zależało od rodzaju użytej zaprawy nasiennej. Systiva 333 FS (fluksapyroksad) i Vibrance 500 FS (sedaksan) w mniejszym stopniu ograniczały presję patogenu niż kombinacje zawierające w składzie więcej niż jedną substancję aktywną. W odniesieniu do tych zapraw nasiennych procent roślin porażonych kształtował się następująco w kolejnych latach badań: Systiva 333 FS – 16,2%, 16,5%, 17,3%, a w odniesieniu do Vibrance 500 FS były to wartości porażenia rzędu 20,8%, 20,5%, 12,3% (rys. 3). Możemy więc mówić jedynie o ograniczeniu porażenia o połowę w stosunku do obiektu kontrolnego bez zaprawy. Tendencja ta jest widoczna w każdym roku badań. W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia porażenie *Fusarium* spp. ograniczało najbardziej zastosowanie zapraw nasiennych Vibrance Gold 100 FS i Baytan Trio 180 FS. Po użyciu Vibrance Gold 100 FS uzyskano 2,3% w 2013 roku, 4,8% w 2014 roku i 9,0% w 2015 roku siewek z objawami zgorzeli, natomiast wykorzystanie preparatu Baytan Trio 180 FS wiązało się z otrzymaniem odpowiednio 2,2%, 2,8% i 12,0% siewek z objawami zgorzeli (rys. 3).

Analizując wyniki testu Tukeya dla różnic w skuteczności zapraw nasiennych w odniesieniu do zgorzeli siewek, stwierdzono zależność między niższym procentem siewek z objawami choroby, potwierdzoną również średnio dla lat badań, a preparatami Vibrance Gold 100 FS – 5,3% oraz Baytan Trio 180 FS – 5,7% (tab. 8). W tej samej grupie skuteczności znajduje się mieszanina Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS z siewkami z objawami choroby na poziomie 6,2%.



Rys. 3. Wpływ zapraw nasiennych na wystąpienie zgorzeli siewek (*Fusarium* spp.). NIR_(0,05): 2013 – 5,72, 2014 – 4,91, 2015 – 3,62 dla interakcji 6,22

Fig. 3. Effect of seed treatments on damping off (*Fusarium* spp.). LSD_(0,05): 2013 – 5.72, 2014 – 4.91, 2015 – 3.62 for interaction 6.22

Nieco gorszym wynikiem, ale nadal mieszczącym się w drugiej ilościowo grupie siewek z objawami zgorzeli siewek (7,3%), cechowała się zaprawa nasienne Kinto Duo 80 FS. Do zapraw nasiennych słabiej ograniczających rozwój patogenu można zaliczyć Systiva 333 FS (16,7%) i Vibrance 500 FS (17%), średnio dla lat badań. Najwyższy procent roślin porażonych, wynoszący 39,5, obserwowano na kontroli (tab. 8). Wyniki zawarte w tabeli 9 potwierdzają dane przedstawione na rysunku 3, wskazujące, że największe porażenie *Fusarium* spp. wystąpiło w ostatnim roku badań i wynosiło średnio 16,7% dla wszystkich kombinacji badawczych. Najmniejsze natomiast obserwowano w 2013 roku – 12,2% (tab. 9).

Badane zaprawy nasienne i panujące w danym roku warunki meteorologiczne wpływały na wielkość porażenia *M. nivale*. Najwyższy procent porażonych roślin, wynoszący 39,8, obserwowano w ostatnim roku badań na kombinacji kontrolnej bez zaprawy nasiennej. Lata 2013 i 2014 cechowały się podobną presją *M. nivale*: 26,3% w 2013 roku i 25,8% w 2014 roku (rys. 4). W odniesieniu do skuteczności zwalczania pleśni śniegowej zbóż i traw przez zaprawy nasienne obserwowano tendencję podobną jak w przypadku zgorzeli siewek. Najniższy procent roślin z objawami porażenia występował w kombinacji Vibrance Gold 100 FS, odpowiednio 2,3, 4,5 i 6,3% w kolejnych latach badań. Natomiast najwyższym w latach badań procentem roślin z objawami porażenia, wynoszącym odpowiednio 11,3, 15,3, 13,8, cechowała się kombinacja Systiva 333 FS.

Przeprowadzona testem Tukeya analiza różnic pomiędzy zaprawami wskazuje na cztery grupy jednorodne w odniesieniu do sprawdzanych w doświadczeniu zapraw nasiennych oraz skuteczności ich działania w ograniczaniu pleśni śniegowej zbóż i traw. Średnio dla lat badań pierwszą grupę o najlepszej sku-

Tabela 8. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy zaprawami nasiennymi w ocenie procentu siewek z objawami zgorzeli siewek (*Fusarium* spp.) – grupy jednorodne

Table 8. Tukey test results for differences between seed treatment damping off percentage infection (*Fusarium* spp.) – homogeneous groups

Zaprawa nasienna Seed treatment	Vibrance Gold 100 FS	Baytan Trio 180 FS	Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	Kinto Duo 80 FS	Systiva 333 FS	Vibrance 500 FS	Kontrola Control
Średnia Mean	5,3	5,7	6,2	7,3	16,7	17,8	39,5
Grupy jednorodne Homogeneous groups							

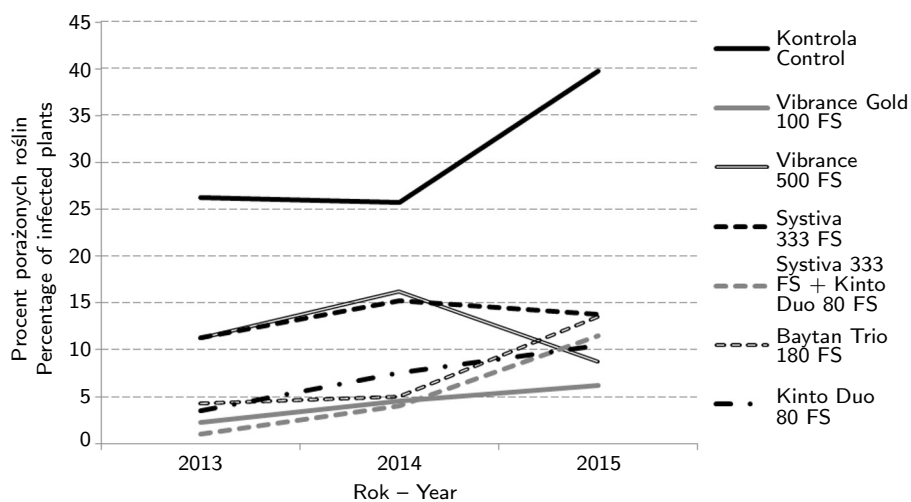
Tabela 9. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy latami w ocenie procentu siewek z objawami zgorzeli siewek (*Fusarium* spp.) – grupy jednorodne

Table 9. Tukey test results for differences between years – homogeneous groups for damping off percentage infection (*Fusarium* spp.)

Rok – Year	2013	2014	2015
Średnia – Mean	12,2	13,3	16,7
Grupy jednorodne Homogeneous groups			

teczności działania tworzą: Vibrance Gold 100 FS – 4,3% roślin porażonych oraz Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS – 5,5% (tab. 10). Do drugiej grupy zaliczono Kinto Duo 80 FS (7,2%) oraz Baytan Trio 180 FS (7,6%). Porażenie *M. nivale* w niewielkim stopniu ograniczały Vibrance 500 FS i Systiva 333 FS, które zaliczono do trzeciej grupy (tab. 10). Największe porażenie, średnio dla lat badań wynoszące 30,6%, obserwowano na polu kontrolnym. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy latami badań (tab. 11) wskazują na największe porażenie *M. nivale* w 2015 roku. Średnio we wszystkich kombinacjach badawczych znalazło się 14,9% chorych siewek. Natomiast najniższy procent zakażonych roślin obserwowano w 2013 roku – 8,5 (tab. 11).

Najwyższą procentową wartość roślin z objawami chorobowymi odnotowywano corocznie na kontroli, a najsilniejszą presję patogenu obserwowano w 2015 roku (24%). Zaprawą nasienną o najmniejszym wpływie na ograniczenie porażenia *T. incarnata* była Kinto Duo 80 FS. Procent roślin porażonych stwierdzo-



Rys. 4. Wpływ zapraw nasiennych na porażenie *M. nivale*. $NIR_{(0,05)}$: 2013 – 6,78, 2014 – 4,42, 2015 – 4,64 dla interakcji 6,71

Fig. 4. Effect of seed treatments on *M. nivale* infection. $LSD_{(0,05)}$: 2013 – 6.78, 2014 – 4.42, 2015 – 4.64 for interaction 6.71

Tabela 10. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy zaprawami nasiennymi w ocenie procentu roślin z objawami pleśni śniegowej zbóż i traw (*M. nivale*) – grupy jednorodne
Table 10. Tukey test results for differences between seed treatments snow mould percentage infection (*M. nivale*) – homogeneous groups

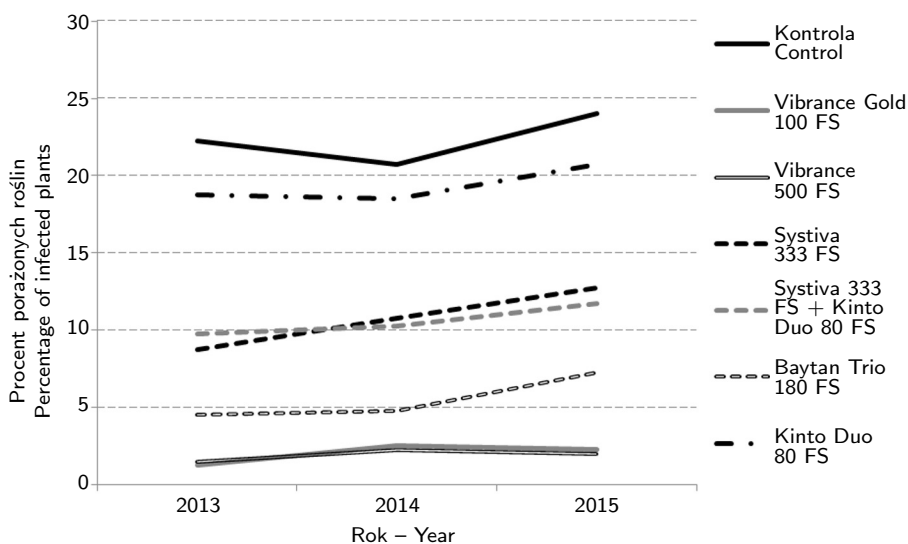
Zaprawa nasienna Seed treatment	Vibrance Gold 100 FS	Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	Kinto Duo 80 FS	Baytan Trio 180 FS	Vibrance 500 FS	Systiva 333 FS	Kontrola Control
Średnia Mean	4,3	5,5	7,2	7,6	12,1	13,4	30,6
Grupy jednorodne Homogeneous groups							

Tabela 11. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy latami w ocenie procentu roślin z objawami pleśni śniegowej zbóż i traw (*M. nivale*) – grupy jednorodne

Table 11. Tukey test results for differences between years – homogeneous groups for snow mould infection (*M. nivale*)

Rok – Year	2013	2014	2015
Średnia – Mean	8,5	11,2	14,9
Grupy jednorodne Homogeneous groups	A •	B •	C •

nych po zastosowaniu tej kombinacji w kolejnych latach badań wynosił odpowiednio 18,8, 18,5 i 20,8. Największą skutecznością działania charakteryzowały się środki zawierające w składzie substancję aktywną sedaksan – Vibrance Gold 100 FS i Vibrance 500 FS. Po ich użyciu procent roślin zakażonych w żadnym roku badań nie przekroczył 2,5 (rys. 5). Porażenie rzędu 4,5-7,3% w latach badań cechowało kombinację Baytan Trio 180 FS. Po zastosowaniu zaprawy opartej na fluksapyroksadzie (Systiva 333 FS) procent roślin chorych wahał się między 8,8 a 12,8.



Rys. 5. Wpływ zapraw nasiennych na występowanie pałecznicy zbóż i traw (*T. incarnata*). NIR_(0,05): 2013 – 2,31, 2014 – 3,72, 2015 – 3,09 dla interakcji r.n.

Fig. 5. Effect of seed treatments on grey snow mould (*T. incarnata*). LSD_(0,05): 2013 – 2.31, 2014 – 3.72, 2015 – 3.09 for interaction n.s.

Grupy jednorodne, uzyskane w wyniku analizy przeprowadzanej testem Tukeya, wskazują na wyodrębnienie pięciu grup powiązanych z procentem porażenia *T. incarnata*. Pierwszą, o najniższym procencie porażenia, tworzą zaprawy Vibrance 500 FS oraz Vibrance Gold 100 FS, natomiast drugą – preparat Baytan Trio 180 FS. Do trzeciej zaliczono produkt oparty na fluksapyroksadzie (Systiva 333 FS), natomiast zaprawa Kinto Duo 80 FS, która w porównaniu z kontrolą nie miała wpływu na ograniczenie porażenia przez *T. incarnata*, stanowi grupę czwartą. Procentowo najwyższym porażeniem wyróżniła się kontrola, w przeprowadzonej analizie statystycznej zaliczona do grupy piątej (tab. 12). W poszczególnych latach badań porażenie *T. incarnata* o podobnym poziomie nasilenia obserwowano w 2013 i 2014 roku, a 2015 rok cechował się wyższą presją infekcyjną (tab. 13).

Tabela 12. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy zaprawami nasiennymi w ocenie procentu roślin z objawami pałeczniczy ziół i traw (*T. incarnata*) – grupy jednorodne
Table 12. Tukey test results for differences between seed dressings grey snow mould percentage infection (*T. incarnata*) – homogeneous groups

Zaprawa nasienna Seed treatment	Vibrance 500 FS	Vibrance Gold 100 FS	Baytan Trio 180 FS	Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	Systiva 333 FS	Kinto Duo 80 FS	Kontrola Control
Średnia Mean	1,9	2,0	5,5	10,6	10,8	19,3	22,3
Grupy jednorodne Homogeneous groups							

Tabela 13. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy latami w ocenie procentu roślin z objawami pałeczniczy ziół i traw (*T. incarnata*) – grupy jednorodne

Table 13. Tukey test results for differences between years – homogeneous groups for grey snow mould infection (*T. incarnata*)

Rok – Year	2013	2014	2015
Średnia – Mean	9,5	10,0	11,5
Grupy jednorodne Homogeneous groups			

Na wszystkich badanych obiektach w każdym roku badań stwierdzono istotny wpływ zapraw nasiennych na liczbę kłosów porażonych *U. nuda* (tab. 14). Najwyższy procent (71,3) kłosów z objawami porażenia *U. nuda* obserwowano w 2015 roku, natomiast najniższe porażenie – 44% wyróżniało pierwszy rok badań (tab. 14). Najwięcej kłosów z objawami główki pyłacej jęczmienia stwierdzano każdego roku po zastosowaniu zaprawy opartej tylko na fluksapyroksadzie (Systiva 333 FS). Procent kłosów porażonych przez *U. nuda* był istotnie wyższy w porównaniu ze wszystkimi kombinacjami zapraw nasiennych, we wszystkich latach badań. Vibrance 500 FS, zawierający tylko sedaksan, również cechowała mniejsza skuteczność działania. W kolejnych latach badań na poletkach zostawało odpowiednio 10,0, 8,0, 14,4% kłosów z objawami *U. nuda*. Stosując mieszaninę Systiva 333 FS z Kinto Duo 80 FS, na poletkach nie obserwowano porażonych kłosów jęczmienia ozimego.

Tabela 14. Wpływ zapraw nasiennych na główkę pyłącą (*U. nuda*) w latach 2013-2015 (procent kłosów z objawami choroby)

Table 14. Effect of seed treatment on loose smut (*U. nuda*) in years 2013-2015 (percentage infection ears)

Lata Years	Zaprawy nasienne – Seed treatment							NIR _(0,05) LSD _(0,05)
	kontrola control	Vibrance Gold 100 FS	Vibrance 500 FS	Systiva 333 FS	Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	Baytan Trio 180 FS	Kinto Duo 80 FS	
2013	44,0	0,0	5,0	10,0	0,0	0,0	1,0	5,09
2014	60,0	0,0	1,9	8,0	0,0	0,0	0,7	4,01
2015	71,3	0,0	5,0	14,4	0,0	0,0	0,5	4,28

NIR_(0,05) dla interakcji 7,26.

LSD_(0,05) for interaction 7.26.

Analizując wyniki porażenia jęczmienia ozimego przez *P. graminea* w każdym roku badań, stwierdzono istotny wpływ zapraw nasiennych na procent porażonych roślin (tab. 15). Najwięcej roślin porażonych *P. graminea* (66,5%) obserwowano w 2015 roku, natomiast najniższą presję *P. graminea* obserwowano w pierwszym roku badań – 34,8% (tab. 15). Największy udział roślin z objawami pasiastości liści jęczmienia obserwowano każdego roku po zastosowaniu zaprawy opartej tylko na fluksapyroksadzie (Systiva 333 FS). Procent roślin porażonych przez *P. graminea* był istotnie wyższy w porównaniu ze wszystkimi kombinacjami zapraw nasiennych, we wszystkich latach badań. Pozostałe kombinacje badawcze skutecznie ograniczały presję patogenu *P. graminea*. Obserwano od 0% do 0,8% roślin porażonych na poletku (tab. 15).

Występowanie mączniaka prawdziwego zbóż i traw było odmienne w latach badań. Bardziej sprzyjający pojawieniu się patogenu był 2015 rok niż lata 2013 i 2014 (rys. 6). Procentowa powierzchnia roślin jęczmienia pokryta przez *B. graminis* w istotny sposób zależała od użytej zaprawy nasiennej. Vibrance 500 FS i Vibrance Gold 100 FS oraz preparat Kinto Duo 80 FS w mniejszym stopniu ograniczały presję patogenu niż kombinacje zawierające w składzie fluk-

Tabela 15. Wpływ zapraw nasiennych na pasiastotę liści jęczmienia (*P. graminea*) w latach 2013-2015 (procent roślin z objawami choroby)

Table 15. Effect of seed treatment on barley stripe (*P. graminea*) in years 2013-2015 (percentage infection plants)

Lata Years	Zaprawy nasienne – Seed treatment							NIR _(0,05) LSD _(0,05)
	kontrola control	Vibrance Gold 100 FS	Vibrance 500 FS	Systiva 333 FS	Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	Baytan Trio 180 FS	Kinto Duo 80 FS	
2013	34,8	0,0	0,8	4,4	0,0	0,0	0,9	4,17
2014	56,4	0,3	0,4	12,9	0,2	0,1	0,1	2,98
2015	66,5	0,0	0,3	14,5	0,1	0,1	0,1	3,72

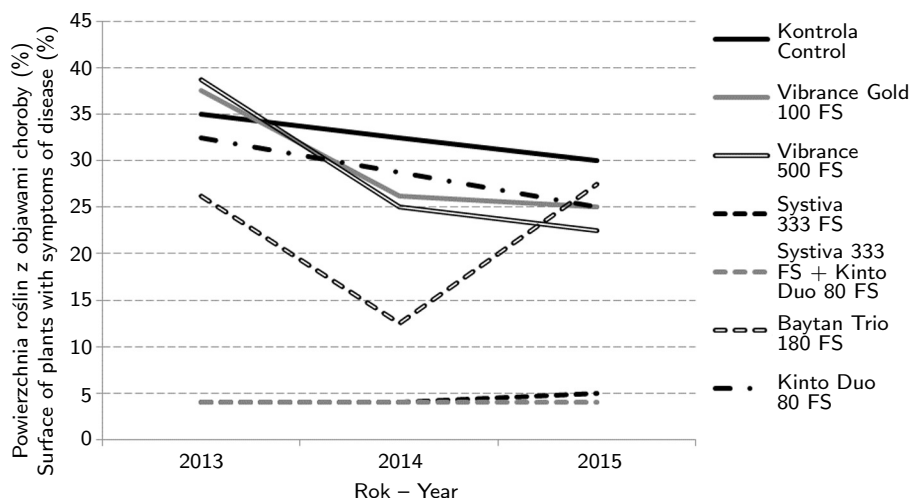
NIR_(0,05) dla interakcji 7,53.

LSD_(0,05) for interaction 7.53.

sapyroksad. Po wykorzystaniu wymienionych zapraw nasiennych procentowa powierzchnia roślin pokryta przez patogen kształtowała się następująco w kolejnych latach badań: Vibrance 500 FS – 38,7%, 25,0%, 22,5%, a w stosunku do Vibrance Gold 100 FS były to wartości porażenia rzędu 37,5%, 26,3% i 25% (rys. 6). Nie możemy więc mówić nawet o ograniczeniu porażenia w porównaniu z obiektem kontrolnym bez zaprawy, gdzie procent zainfekowanej powierzchni liści w kolejnych latach badań wynosił: 35, 32,5 i 30. Ta tendencja jest widoczna w każdym roku badań. W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia porażenie *B. graminis* najsilniej ograniczało zastosowanie zapraw nasiennych zawierających fluksapyroksad. Przyjmowało ono następujące wartości dla: Systiva 333 FS – 4,0% w 2013 roku, 4,1% w 2014 roku i 5,0% w 2015 roku oraz odpowiednio 3,9%, 4% i 4,1% dla preparatu Systiva 333 FS użytego z Kinto Duo 80 FS (rys. 6).

Grupy jednorodne uzyskane w wyniku analizy przeprowadzonej testem Tukeya wskazują na wyodrębnienie trzech grup powiązanych z procentem porażonej powierzchni rośliny przez *B. graminis*. Pierwszą grupę, o najniższym procencie porażonej powierzchni rośliny, stanowią kombinacje z użyciem fluksapyroksadu (Systiva 333 FS i Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS; tab. 16). W drugiej grupie znajduje się Baytan Trio 180 FS, natomiast trzecia obejmuje wszystkie pozostałe preparaty: Vibrance 500 FS, Vibrance Gold 100 FS, Kinto Duo 80 FS. W porównaniu z kontrolą nie miały one wpływu na ograniczenie porażenia przez *B. graminis*. Największe porażenie obserwowano na kontroli i kombinacjach Vibrance 500 FS, Vibrance Gold 100 FS, Kinto Duo 80 FS, jak wskazują wyniki przeprowadzonej analizy statystycznej (tab. 16). Zestawiając lata badań, można stwierdzić, że porażenie *B. graminis* o podobnym poziomie nasilenia obserwowano w 2014 i 2015 roku, natomiast 2013 rok cechował się większą presją infekcyjną (tab. 17).

Presja infekcyjna *P. teres* kształtowała się podobnie w latach 2013 i 2014. Wyższy procent porażenia powierzchni rośliny pokrytej przez grzybnię obserwowano jedynie w 2015 roku (rys. 7). Wielkość zainfekowanej powierzchni roślin



Rys. 6. Wpływ zapraw nasiennych na wystąpienie mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*B. graminis*). NIR_(0,05): 2013 – 6,36, 2014 – 6,79, 2015 – 9,26 dla interakcji 9,06

Fig. 6. Effect of seed treatments on powdery mildew (*B. graminis*). LSD_(0,05): 2013 – 6.36, 2014 – 6.79, 2015 – 9.26 for interaction 9.06

jęczmienia przez *P. teres* zależała w istotny sposób od rodzaju użytej zaprawy nasiennej, natomiast nie zaobserwowano interakcji z latami badań. Vibrance 500 FS, Vibrance Gold 100 FS oraz Kinto Duo 80 FS w mniejszym stopniu ograniczały presję patogenu niż kombinacje zawierające w składzie fluksapyroksad (Systiva 333 FS i Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS). Analizując procent powierzchni rośliny z objawami choroby w porównaniu z użytymi zaprawami nasiennymi, stwierdzono następujące zależności w kolejnych latach badań: Vibrance 500 FS – 20%, 16,2%, 17,5%; Vibrance Gold 100 FS – 21,3%,

Tabela 16. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy zaprawami nasiennymi w ocenie procentu powierzchni rośliny pokrytej grzybnią *B. graminis* – grupy jednorodne

Table 16. Tukey test results for differences between seed treatment in the percentage of the surface of the plant covered with *B. graminis* – homogeneous groups

Zaprawa nasiennea Seed treatment	Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	Systiva 333 FS	Baytan Trio 180 FS	Vibrance 500 FS	Kinto Duo 80 FS	Vibrance Gold 100 FS	Kontrola Control
Średnia Mean	4,0	4,3	22,1	28,8	28,8	29,6	32,5
Grupy jednorodne Homogeneous groups	A		B	C			

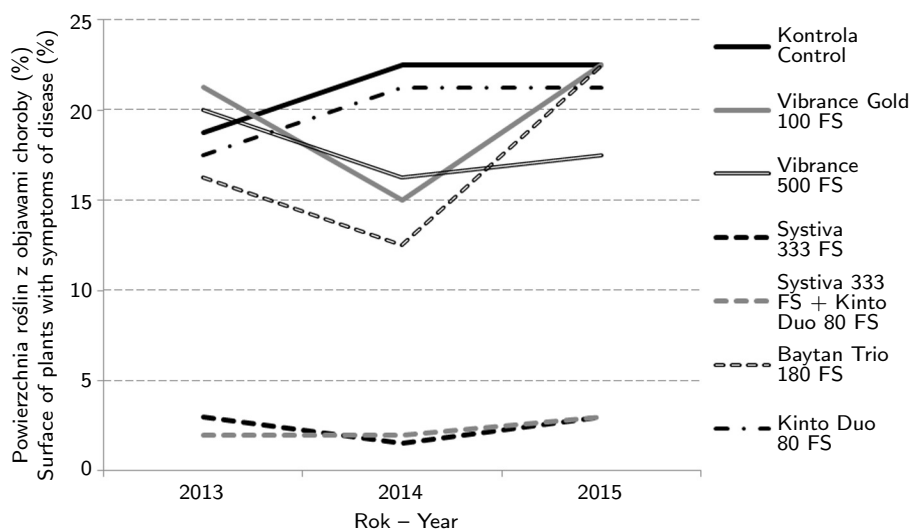
Tabela 17. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy latami w ocenie procentu powierzchni rośliny pokrytej grzybnią *B. graminis* – grupy jednorodne

Table 17. Tukey test results for differences between years in the percentage of the surface of the plant covered with *B. graminis* – homogeneous groups

Rok – Year	2014	2015	2013
Średnia – Mean	19,0	19,9	25,4
Grupy jednorodne Homogeneous groups	A ●————●		B ●

15%, 22,5% (rys. 7). Na obiekcie kontrolnym procent powierzchni rośliny z objawami choroby w kolejnych latach badań wynosił: 17,8, 22, 22,5. Tendencja malej skuteczności ograniczania presji *P. teres* przez omówione kombinacje doświadczalne jest widoczna w każdym roku badań. W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia porażenie *P. teres* najsilniej ograniczało zastosowanie zaprawy nasiennej zawierającej fluksapyroksad (Systiva 333 FS). Przyjmowało ono następujące wartości: Systiva 333 FS – 3,0% w 2013 roku, 1,5% w 2014 roku i 3,0% w 2015 roku oraz dla Systiva 333 FS użytej z Kinto Duo 80 FS odpowiednio 1,99%, 2,0% i 3,0% (rys. 7).

Przeprowadzona testem Tukeya analiza różnic pomiędzy zaprawami wskazuje na dwie grupy jednorodne w odniesieniu do testowanych w doświadcze-



Rys. 7. Wpływ zapraw nasiennych na wystąpienie plamistości siatkowej jęczmienia (*P. teres*). $NIR_{(0,05)}$: 2013 – 9,08, 2014 – 6,17, 2015 – 4,67 dla interakcji r.n.

Fig. 7. Effect of seed treatments on net blotch (*P. teres*). $LSD_{(0,05)}$: 2013 – 9.08, 2014 – 6.17, 2015 – 4.67 for interaction n.s.

niu zapraw nasiennych i skuteczności ich działania w ograniczaniu porażenia *P. teres*. Średnio w latach badań w pierwszej grupie, o najlepszej skuteczności działania, znajdują się Systiva 333 FS – 2,5% oraz Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS – 2,3% porażonej powierzchni rośliny (tab. 18). Do drugiej grupy zaliczono wszystkie pozostałe zaprawy nasienne (tab. 18): Kinto Duo 80 FS (20%), Vibrance Gold 100 FS (17,9%), Baytan Trio 180 FS (17,1%). Najwyższe porażenie, wynoszące średnio dla lat badań 21,3%, obserwowano na kontroli. Wyniki testu Tukeya dotyczące różnic pomiędzy latami badań (tab. 19) wskazują na najwyższe porażenie *P. teres* w 2015 roku. Średnio dla wszystkich kombinacji badawczych osiągało 16% porażonej powierzchni rośliny. Nasilenie infekcji (14,1%) nastąpiło również w 2013 roku. Najmniejsze nasilenie objawów chorobowych *P. teres*, wynoszące średnio 13% w latach badań, odnotowano w 2014 roku (tab. 19).

Tabela 18. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy zaprawami nasiennymi w ocenie procentu powierzchni rośliny pokrytej grzybnią *P. teres* – grupy jednorodne

Table 18. Tukey test results for differences between seed dressings in the percentage of the surface of the plant covered with *P. teres* – homogeneous groups

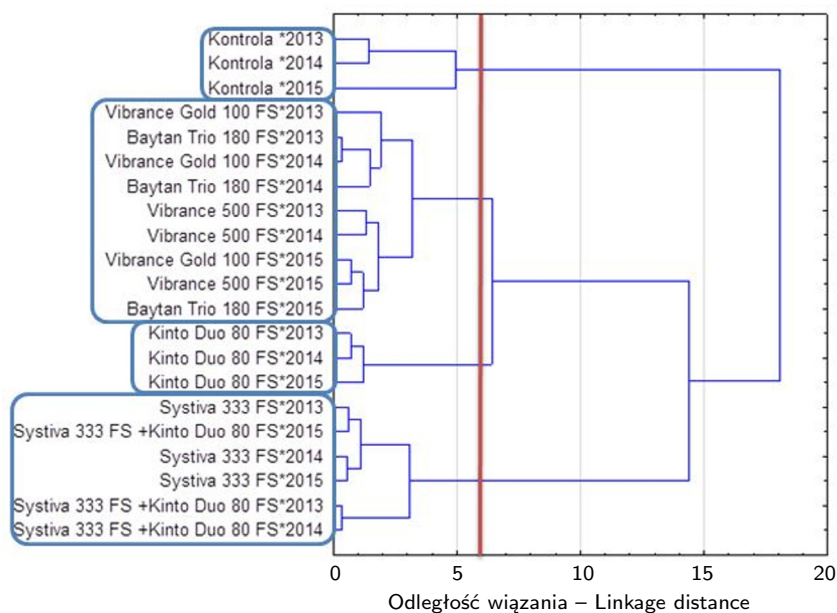
Zaprawa nasiennea Seed treatment	Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	Systiva 333 FS	Baytan Trio 180 FS	Vibrance 500 FS	Vibrance Gold 100 FS	Kinto Duo 80 FS	Kontrola Control
Średnia Mean	2,3	2,5	17,1	17,9	19,6	20,0	21,3
Grupy jednorodne Homogeneous groups	A — A		B — B — B — B — B				

Tabela 19. Wyniki testu Tukeya dla różnic pomiędzy latami w ocenie procentu powierzchni rośliny pokrytej grzybnią *P. teres* – grupy jednorodne

Table 19. Tukey test results for differences between years in the percentage of the surface of the plant covered with *P. teres* – homogeneous groups

Rok – Year	2014	2013	2015
Średnia – Mean	13,0	14,1	16,0
Grupy jednorodne Homogeneous groups	A — A		B — B

Grupowanie nasilenia objawów chorobowych, uwarunkowanych zastosowanymi preparatami i latami badań, względem wszystkich porażień łącznie – tj. zgorzeli siewek, pleśni śniegowej zbóż i traw, pałecznicy zbóż i traw, głowni pylącej jęczmienia, pasiastości liści jęczmienia, mączniaka prawdziwego zbóż i traw oraz plamistości siatkowej liści jęczmienia – przeprowadzono z uży-



Rys. 8. Analiza skupień wszystkich zapraw nasiennych i lat badań w stosunku do nasilenia objawów chorób

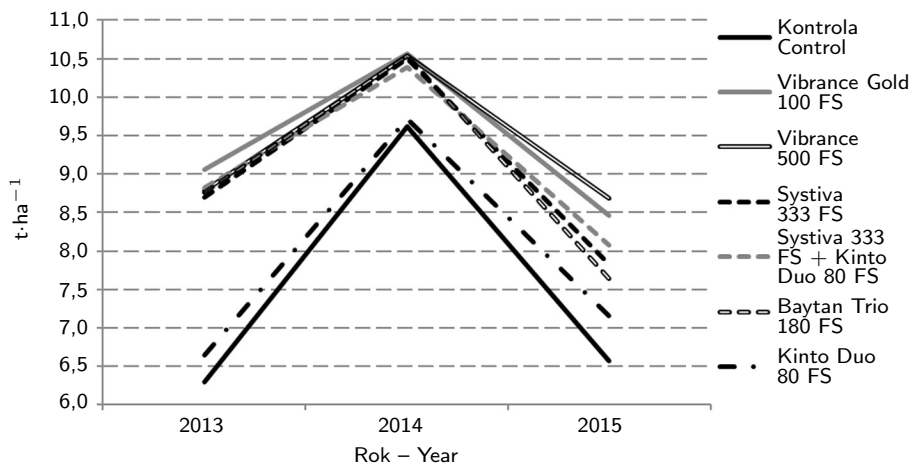
Fig. 8. Cluster analysis of the all seed treatment and years in terms of severity of disease symptoms

ciem metody aglomeracji – metody Warda przy euklidesowej odległości wiązań (rys. 8). Analiza wykresu pozwoliła wyróżnić w przeprowadzonym badaniu cztery skupienia. Pierwsza grupa jest trzelementowa; stanowią ją kombinacje obiektu kontrolnego w każdym roku badań, cechujące się największym nasileniem objawów wszystkich ocenianych w doświadczeniu chorób. Druga grupa jest najliczniejsza i znalazły się w niej kombinacje preparatów: Vibrance Gold 100 FS, Vibrance 500 FS oraz Baytan Trio 180 FS w 2013, 2014 i 2015 roku. Jak wynika z przedstawionych danych, bardzo dobrze ograniczały one nasilenie objawów takich chorób, jak: zgorzel siewek, pleśń śniegowa zbóż i traw, gównia pyłaca jęczmienia, pasiastość liści jęczmienia oraz pałecznicza zbóż i traw. Nie miały jednak wpływu na porażenie liści powodowane przez *B. graminis* oraz *P. teres*. Trzecia grupa obejmuje jedną zaprawę nasienną (Kinto Duo 80 FS) w kolejnych latach badań. Wykazuje ona wpływ na ograniczenie nasilenia objawów chorób, ale – podobnie jak w drugiej grupie – nie wszystkich ocenianych w doświadczeniu, a skuteczność jej działania odbiega od zapraw zebranych w grupie drugiej (Vibrance 500 FS, Vibrance Gold 100 FS oraz Baytan Trio 180 FS). Czwarta grupa składa się ze środków cechujących się największym wpływem na choroby odnasienne i odglebowe oraz choroby liści oceniane w doświadczeniu w kolejnych latach badań. Analiza dendrogramu pozwala sformułować wniosek, że w grupie czwartej znalazły się kombinacje najsilniej wpływające na analizowane cechy. Możemy do nich zaliczyć preparat Systiva 333 FS stosowany pojedynczo lub w mieszaninie z Kinto Duo 80 FS. Należy jednak podkreślić, że

każdą z kombinacji wchodzących w skład ostatniego skupienia charakteryzuje pewna specyfika działania. Dlatego mogą być one rozpatrywane oddzielnie.

3.2.2. Plon oraz wybrane parametry łanu i ziarna jęczmienia

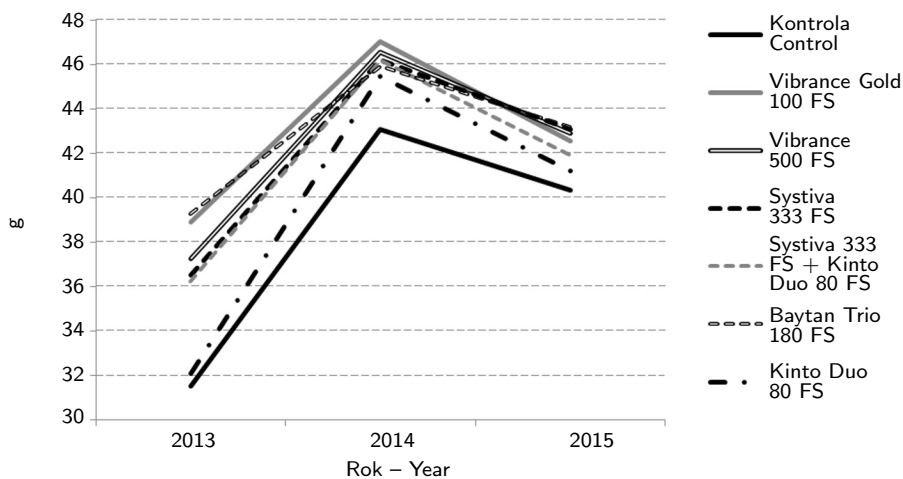
Poziom plonu ziarna jęczmienia ozimego był zróżnicowany w latach badań (rys. 9). Najkorzystniejsze warunki do rozwoju jęczmienia wystąpiły w sezonie wegetacyjnym 2013/14, w którym średni plon wyniósł ponad $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. W pierwszym i trzecim roku badań plon był mniejszy w porównaniu z uzyskanym w drugim roku prowadzenia doświadczenia. Zaprawy nasienne także miały istotny wpływ na wielkość plonowania jęczmienia. Rezultatem wykorzystania preparatów zawierających w składzie substancje aktywne z grupy SDHI (sedaksan, fluksapyroksad i fluopyram) było istotne zwiększenie plonu ziarna jęczmienia ozimego w stosunku do obiektu kontrolnego (bez zaprawy nasiennej) oraz kombinacji Kinto Duo 80 FS w każdym roku badań (rys. 9).



Rys. 9. Wpływ zapraw nasiennych na plonowanie ziarna jęczmienia w latach 2013-2015. $\text{NIR}_{(0,05)}$: 2013 – 0,45, 2014 – 0,81, 2015 – 0,42 dla interakcji 0,75

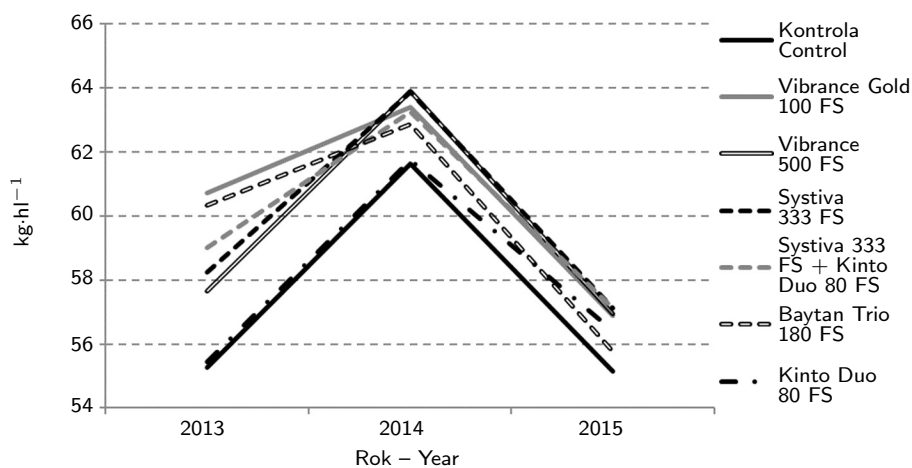
Fig. 9. Effect of seed treatments on barley yield in years 2013-2015. $\text{LSD}_{(0,05)}$: 2013 – 0.45, 2014 – 0.81, 2015 – 0.42 for interaction 0.75

Większy plon ziarna jęczmienia w każdym roku badań wynikał z zastosowanej zaprawy nasiennej, ale o jego wielkości przesądzały także takie cechy plonu, jak MTZ i masa hektolitra. Zastosowanie zapraw nasiennych zawierających w składzie substancje z grupy SDHI wpłynęło na wzrost MTZ w każdym roku badań (rys. 10). Czynniki te nie modyfikowały w sposób istotny masy hektolitra w 2014 roku. Nie odnotowano również interakcji z latami prowadzenia badań w odniesieniu do masy hektolitra ziarna jęczmienia ozimego (rys. 11). Uprawę jęczmienia na obiekcie kontrolnym wyróżniało istotne pogorszenie oma-



Rys. 10. Wpływ zapraw nasiennych na MTZ jęczmienia w latach 2013-2015. $NIR_{(0,05)}$: 2013 – 1,50, 2014 – 1,22, 2015 – 1,91 dla interakcji 2,10

Fig. 10. Effect of seed treatments on barley MTG in years 2013-2015. $LSD_{(0,05)}$: 2013 – 1.50, 2014 – 1.22, 2015 – 1.91 for interaction 2.10

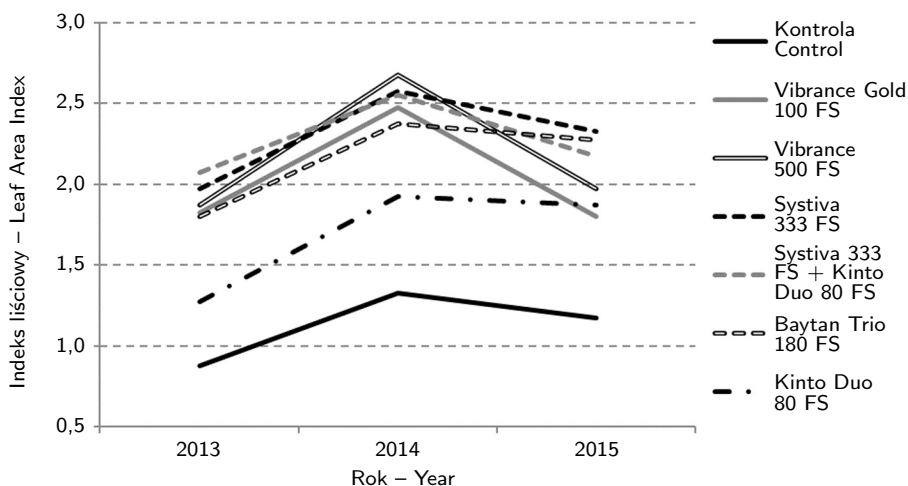


Rys. 11. Wpływ zapraw nasiennych na gęstość ziarna jęczmienia w stanie usypowym. $NIR_{(0,05)}$: 2013 – 2,21, 2014 – r.n., 2015 – 1,85 dla interakcji r.n.

Fig. 11. Effect of seed treatment on barley hectoliter weight. $LSD_{(0,05)}$: 2013 – 2.21, 2014 – n.s., 2015 – 1.85 for interaction n.s.

wianych elementów w porównaniu z obiektami, na których stosowano zaprawy nasienne zawierające SDHI. W 2014 roku na kombinacji Vibrance Gold 100 FS odnotowano największą MTZ – 47,02 g (rys. 10). W odniesieniu do masy hektolitra ziaren jęczmienia nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie (rys. 11).

Uprawę jęczmienia ozimego na obiekcie kontrolnym w każdym roku badań charakteryzowała najniższa wartość wskaźnika indeksu liściowego – LAI, wyrażającego stosunek powierzchni liści do powierzchni gruntu (rys. 12). W kolejnych latach badań na kontroli wynosił on: 0,87, 1,33 i 1,18. Najwyższe wartości LAI obserwowano w 2014 roku (rys. 12): Vibrance Gold 100 FS – 2,48, Vibrance 500 FS – 2,68, Systiva 333 FS – 2,58, Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS – 2,56, Baytan Trio 180 FS – 2,38, Kinto Duo 80 FS – 1,93. Pozostałe lata badań cechowały się niższymi wartościami LAI, więc w 2013 roku, poza obiektem kontrolnym, kształtowały się one na poziomie od 1,28 dla Kinto Duo 80 FS do 2,15 dla Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS. W ostatnim roku badań wystąpiła podobna zależność najniższego LAI, poza obiektem kontrolnym, dla Kinto Duo 80 FS (1,87) i najwyższego dla Systiva 333 FS (2,33).



Rys. 12. Wpływ zapraw nasiennych na wskaźnik indeksu liściowego jęczmienia. $NIR_{(0,05)}$: 2013 – 0,30, 2014 – 0,40, 2015 – 0,33 dla interakcji r.n.

Fig. 12. Effect of seed treatment on barley Leaf Area Index. $LSD_{(0,05)}$: 2013 – 0.30, 2014 – 0.40, 2015 – 0.33 for interaction n.s.

Wyniki przedstawione w tabeli 20 wskazują, iż nie odnotowano istotnego statystycznie wpływu lat badań na wschody polowe jęczmienia. Średnio w latach badań największą obsadę jęczmienia ($532 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$) uzyskano w ostatnim roku. Średnia w latach 2013 i 2014 była taka sama i wynosiła $346 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ (tab. 20). Najmniej roślin każdego roku obserwowano na obiekcie kontrolnym. Zależność ta jednak nie została potwierdzona statystycznie dla 2013 i 2014 roku. Jedynie w 2015 roku obserwowano istotne statystycznie różnice w odniesieniu do wschodów polowych i wpływu na nie zapraw nasiennych (tab. 20).

Tabela 20. Wpływ zapraw nasiennych na wschody polowe jęczmienia w latach 2013-2015 (szt.·m⁻²)**Table 20.** Effect of seed treatment on barley field emergence in years 2013-2015 (no.·m⁻²)

Lata Years	Obiekt – Treatment							NIR _(0,05) LSD _(0,05)
	kontrola control	Vibrance Gold 100 FS	Vibrance 500 FS	Systiva 333 FS	Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	Baytan Trio 180 FS	Kinto Duo 80 FS	
2013	328	342	357	357	352	348	342	r.n. – n.s.
2014	305	359	362	363	334	356	349	r.n. – n.s.
2015	456	551	581	516	536	546	542	2,6

NIR_(0,05) dla interakcji r.n.LSD_(0,05) for interaction n.s.

Aby uzyskać odpowiedź na pytanie o indywidualny wpływ poszczególnych elementów plonowania na zróżnicowanie wielkości plonu ziarna pomiędzy czynnikami badawczymi, przeprowadzono analizę związków korelacyjnych. Rozpatrując wyniki obliczeń zależności między plonem ziarna jęczmienia a parametrami łanu i ziarna, należy stwierdzić, że wielkość plonu ziarna była silnie skorelowana z MTZ, masą hektolitra oraz LAI. Nie stwierdzono natomiast związku masy hektolitra z LAI (tab. 21).

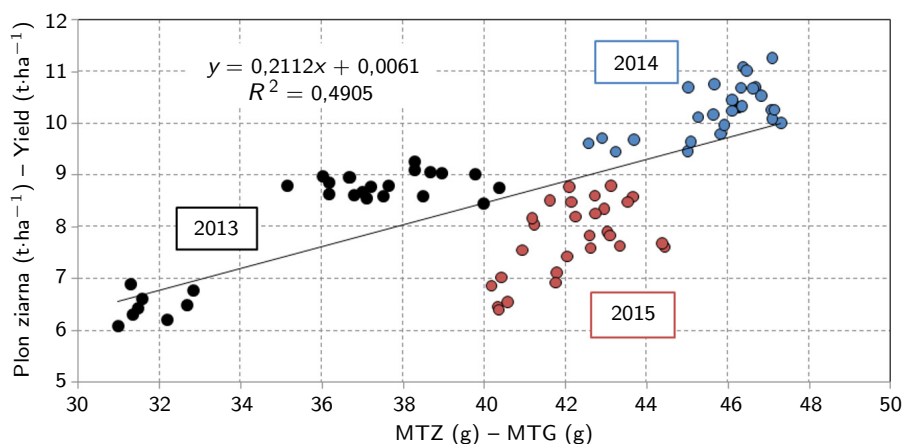
Tabela 21. Związki korelacyjne między plonem ziarna a parametrami łanu i ziarna jęczmienia**Table 21.** Correlation relationships between yield and parameters of barley grain

Cechy Feature	Plon Yield (t·ha ⁻¹)	MTZ MTG (g)	Masa hektolitra Hectolitre weight (kg·hl ⁻¹)	LAI
Plon (t·ha ⁻¹) – Yield (t·ha ⁻¹)	1,00	0,70*	0,89*	0,68*
MTZ (g) – MTG (g)	0,70	1,00	0,62*	0,71*
Masa hektolitra (kg·hl ⁻¹) Hectolitre weight (kg·hl ⁻¹)	0,89*	0,62*	1,00	0,56
LAI	0,68*	0,71*	0,56	1,00

*Korelacje istotne statystycznie na poziomie istotności $p < 0,01$.*Correlations statistically significant at $p < 0.01$.

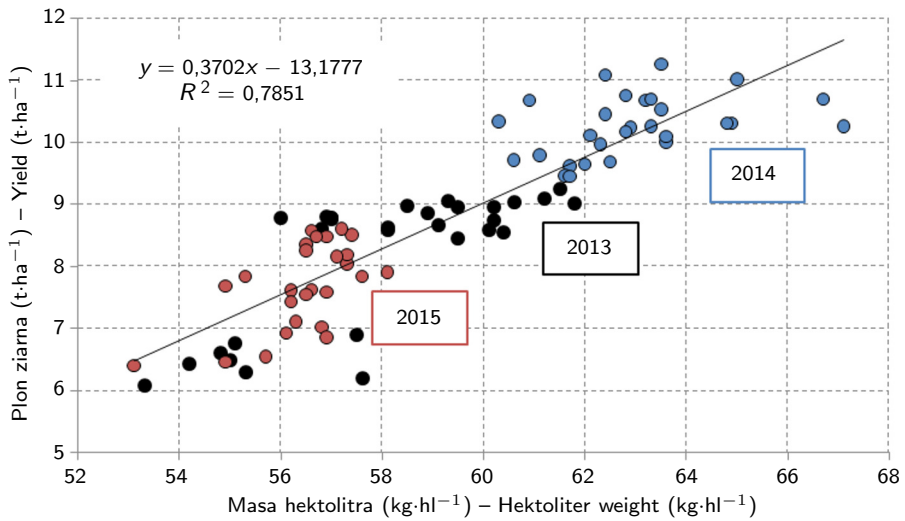
W celu określenia znaczenia poszczególnych cech w kształtowaniu się plonu ziarna przeprowadzono analizę liniowej funkcji regresji wielokrotnej z procedurą eliminacji zmiennych niezależnych. W analizie zmienną zależną był plon ziarna jęczmienia, a zmiennymi przyczynowymi pozostałe analizowane cechy. Wyniki uzyskane po zastosowaniu analizy regresji wskazują, że we wszystkich latach badań masa hektolitra miała istotny wpływ na plon ziarna jęczmienia (rys. 14). W odniesieniu do tego parametru współczynnik determinacji – R^2 jest wysoki i wynosi 0,7851. Równanie regresji przy tak wysokim R^2 pozwala

na stwierdzenie zależności wskazującej, iż wzrost masy hektolitra o $1 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ skutkowało zwiększeniem plonu jęczmienia ozimego o $0,3702 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ten związek obserwowano w każdym z analizowanych lat badań (rys. 14). W odniesieniu do zależności między MTZ a plonem ziarna jęczmienia w analizowanych badaniach R^2 ma wartość 0,4905, co świadczy, że równanie regresji w relatywnie małym stopniu wyjaśnia całkowitą zmienność plonu za pomocą MTZ (rys. 13). Relatywnie mała jest opisana za pomocą równania regresji zależność między plonem ziarna jęczmienia a LAI. Wartość $R^2 = 0,4664$, podobnie jak w przypadku MTZ, nie charakteryzuje w pełni zależności plonu od LAI (rys. 15). Uzyskane wartości zmienności wyrażone odpowiednimi współczynnikami determinacji R^2 tylko w pewnym stopniu wyjaśniają zależność plonu od analizowanych cech.



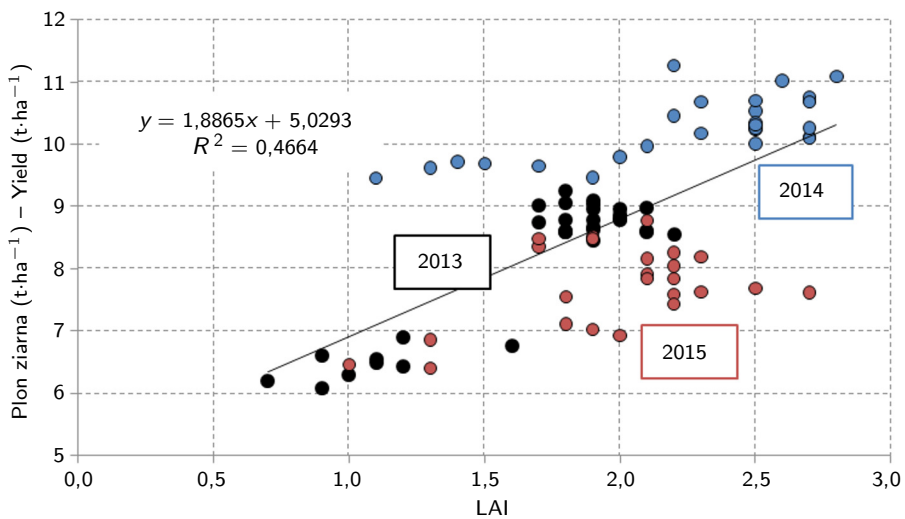
Rys. 13. Regresja liniowa dla zależności między MTZ a plonem ziarna jęczmienia
Fig. 13. Linear regression for the relationship between the MTG and the barley yield

Grupowanie zapraw nasiennych i lat badań względem wszystkich cech związanych z plonowaniem jęczmienia, tj. plonu ziarna, MTZ, masy hektolitra oraz LAI, metodą aglomeracji pozwoliło wyodrębnić cztery skupienia. W skład pierwszego skupienia wchodzi tylko kontrola i Kinto Duo 80 FS z 2013 roku, czyli te kombinacje, które wyróżniały najniższe plony ziarna oraz wszystkie elementy składowe plonu ze wszystkich lat badań i kombinacji badawczych. Pozostałe kombinacje badawcze z tego roku stanowią drugie skupienie. Wydaje się to logiczne ze względu na ten sam rok badań, stwierdzono jednak nieco odmienne działanie pozostałych zapraw nasiennych w porównaniu z Kinto Duo 80 FS. Trzecie skupienie tworzą wszystkie kombinacje badawcze z 2015 roku, a czwarte skupienie to 2014 rok również ze wszystkimi zaprawami nasennymi. Rok 2014 cechował się najwyższymi plonami ziarna i analizowanymi parametrami – takimi jak MTZ, masa hektolitra czy LAI – przyjmującymi najwyższe wartości ze wszystkich lat badań. W skupieniu trzecim i czwartym uzyskiwano największe wartości cech związanych z plonowaniem po zastosowaniu zapraw Baytan Trio 180 FS oraz mieszaniny Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS (rys. 16).



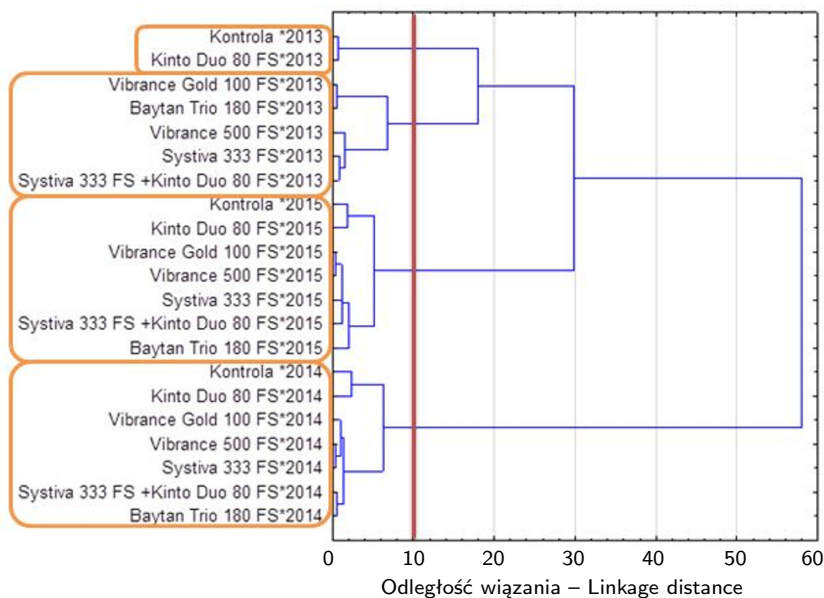
Rys. 14. Regresja liniowa dla zależności między masą hektolitra a plonem ziarna jęczmienia

Fig. 14. Linear regression for the relationship between the hectoliter weight and the barley yield



Rys. 15. Regresja liniowa dla zależności między LAI a plonem ziarna jęczmienia

Fig. 15. Linear regression for the relationship between the LAI and barley yield

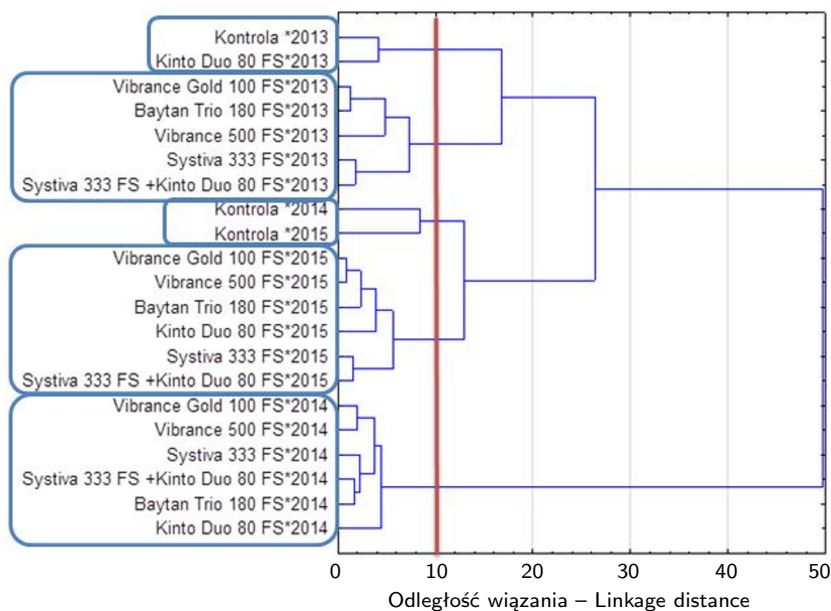


Rys. 16. Aglomeracja metodą Warda uwzględniająca cechy plonowania jęczmienia
Fig. 16. Agglomeration using the Ward method including the barley yield

Analizując wykres aglomeracyjny dla preparatów i lat względem występowania nasilenia presji patogenów i wszystkich cech dotyczących plonowania roślin, wyodrębniono pięć grup – odległość wiązania na poziomie 10. Największe porażenie i tym samym najniższe plony jęczmienia ozimego obserwowano w 2013 roku na obiekcie kontrolnym i Kinto Duo 80 FS. Drugą grupę stanowiły wszystkie pozostałe kombinacje badawcze w 2013 roku. Obiekt kontrolny w latach 2014 i 2015 to trzecia grupa wyodrębniona pod względem poziomu porażenia chorobami i plonowania jęczmienia. Czwartą grupę tworzą wszystkie pozostałe kombinacje z 2015 roku, a piątą te same kombinacje z 2014 roku cechujące się największymi plonami ziarna i niską presją infekcyjną patogenów (rys. 17).

3.3. Wpływ zapraw nasiennych na liniowy wzrost grzybni

W doświadczeniach laboratoryjnych prowadzonych w latach 2015-2016 badano wpływ fungicydów na ograniczanie tempa wzrostu grzybni *F. culmorum*, *M. nivale*, *R. cerealis*, *R. solani*, *G. graminis* oraz *T. incarnata*. Wymienione patogeny są zagrożeniem w fazie kiełkowania roślin i w późniejszych fazach wzrostu. Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwoliły określić bezpośredni wpływ zastosowanych preparatów na wzrost grzybów testowych. Każdy badany



Rys. 17. Aglomeracja metodą Warda uwzględniająca preparaty i lata badań w stosunku do występowania presji infekcyjnej patogenów i wszystkich cech dotyczących plonowania jęczmienia

Fig. 17. Ward agglomeration including seed treatment and years of research in relation to the occurrence of disease infestation and all features related to the yield of barley

gatunek grzyba odmiennie reagował na dodatek do podłoża hodowlanego poszczególnych kombinacji badawczych oraz ich stężenie.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że spośród analizowanych gatunków grzybów najbardziej wrażliwymi na testowane fungicydy były *R. cerealis* i *R. solani*. Odzwierciedlają to wyliczone indeksy wzrostu liniowego grzybni (tab. 24 i 25). Najslabiej zaś hamowany był wzrost *T. incarnata* (tab. 27).

Zaprawy Vibrance Gold 100 FS, Vibrance 500 FS i Kinto Duo 80 FS, zastosowane w stężeniach 1,0, 10 i 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, wpływały istotnie na zmniejszenie tempa rozrostu powierzchniowego kolonii *F. culmorum*. Brak oddziaływania na ograniczenie wzrostu tego patogenu na pożywce PDA odnotowano w odniesieniu do Systiva 333 FS i Luna Privilege 500 SC (tab. 22).

W odniesieniu do *M. nivale* najsilniejsze fungistatyczne oddziaływanie notowano na pożywce z udziałem preparatu Baytan Trio 180 FS. W porównaniu z obiektem kontrolnym, wzrost liniowy grzybni *M. nivale* był silnie hamowany także na pożywce z udziałem Kinto Duo 80 FS oraz Vibrance Gold 100 FS. Efekt hamowania wzrostu grzybni był większy wraz ze zwiększeniem stężenia substancji aktywnej w pożywce. W niewielkim stopniu wzrost patogenu był hamowany przez Luna Privilege 500 SC (tab. 23).

Tabela 22. Tempo wzrostu liniowego grzybni *F. culmorum* na pożywce PDA (mm·doba⁻¹)
Table 22. Linear growth of mycelium *F. culmorum* on PDA medium (mm·day⁻¹)

Obiekty Treatments	Stężenie substancji aktywnej (µg·l ⁻¹) Concentration of active substance (µg·l ⁻¹)					
	0,01	0,10	1,00	10,0	100	średnio mean
Kontrola – Control	7,42					
Baytan Trio 180 FS	8,17	6,81	6,38	5,48	1,02	5,57
Luna Privilege 500 SC	7,75	7,10	6,90	6,85	4,48	6,62
Kinto Duo 80 FS	7,10	5,13	2,21	0,00	0,00	2,89
Vibrance 500 FS	6,38	4,00	1,33	0,04	0,03	2,36
Systiva 333 FS	7,71	7,67	7,59	7,17	7,08	7,44
Vibrance Gold 100 FS	7,08	3,81	1,25	0,02	0,00	2,43
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)	r.n. – n.s.	2,801	2,723	1,951	1,282	–

Tabela 23. Tempo wzrostu liniowego grzybni *M. nivale* na pożywce PDA (mm·doba⁻¹)
Table 23. Linear growth of mycelium *M. nivale* on PDA medium (mm·day⁻¹)

Obiekty Treatments	Stężenie substancji aktywnej (µg·l ⁻¹) Concentration of active substance (µg·l ⁻¹)					
	0,01	0,10	1,00	10,0	100	średnio mean
Kontrola – Control	8,17					
Baytan Trio 180 FS	4,60	2,63	0,69	0,06	0,00	1,60
Luna Privilege 500 SC	8,73	8,52	8,48	8,33	6,50	8,11
Kinto Duo 80 FS	5,21	2,85	2,13	0,00	0,00	2,04
Vibrance 500 FS	5,54	3,85	1,21	0,00	0,00	2,12
Systiva 333 FS	8,52	8,44	8,17	3,50	0,50	5,38
Vibrance Gold 100 FS	7,46	6,33	0,81	0,13	0,00	2,95
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)	1,750	1,781	1,583	0,831	1,230	–

W porównaniu z gatunkami analizowanymi wcześniej, badane kombinacje wykazały znacznie większą aktywność fungistatyczną w odniesieniu do *R. cerealis* i *R. solani*. Większość z zastosowanych substancji o działaniu fungistatycznym już od najniższego stężenia (0,01 µg·l⁻¹) działała hamująco na wzrost grzybni *R. cerealis* i *R. solani*. Tendencji tej nie obserwowano w odniesieniu do żadnego innego patogenu. Każda z badanych koncentracji Vibrance 500 FS wpływała istotnie na ograniczenie tempa wzrostu liniowego *R. cerealis* i *R. solani*. W odniesieniu do *R. solani* nie zaobserwowano wzrostu patogenu nawet w najniższym stężeniu tej substancji w pożywce – 0,01 µg·l⁻¹ (tab. 25). Jedyne fluopyram zawarty w Luna Privilege 500 SC nie ograniczał wzrostu grzybni *R. cerealis* i *R. solani* (tab. 24 i 25).

Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwoliły określić bezpośredni wpływ analizowanych preparatów na rozwój wspomnianego patogenu na pożywce PDA. Najsilniej na ograniczenie wzrostu *G. graminis* wpływał Baytan Trio 180 FS, który w stężeniu 10 µg·l⁻¹ całkowicie wstrzymał wzrost grzybni

Tabela 24. Tempo wzrostu liniowego grzybni *R. cerealis* na pożywce PDA (mm·doba⁻¹)
Table 24. Linear growth of mycelium *R. cerealis* on PDA medium (mm·day⁻¹)

Obiekty Treatments	Stężenie substancji aktywnej (µg·l ⁻¹) Concentration of active substance (µg·l ⁻¹)					
	0,01	0,10	1,00	10,0	100	średnio mean
Kontrola – Control	7,67					
Baytan Trio 180 FS	3,15	2,83	0,00	0,00	0,00	1,20
Luna Privilege 500 SC	7,83	7,50	7,48	6,65	4,31	6,75
Kinto Duo 80 FS	6,92	6,27	3,15	1,50	0,00	3,57
Vibrance 500 FS	0,17	0,08	0,02	0,00	0,00	0,05
Systiva 333 FS	6,08	2,81	0,13	0,08	0,00	1,82
Vibrance Gold 100 FS	3,73	3,31	0,94	0,00	0,00	1,60
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)	1,62	1,89	0,94	1,23	0,79	–

Tabela 25. Tempo wzrostu liniowego grzybni *R. solani* na pożywce PDA (mm·doba⁻¹)
Table 25. Linear growth of mycelium *R. solani* on PDA medium (mm·day⁻¹)

Obiekty Treatments	Stężenie substancji aktywnej (µg·l ⁻¹) Concentration of active substance (µg·l ⁻¹)					
	0,01	0,10	1,00	10,0	100	średnio mean
Kontrola – Control	7,17					
Baytan Trio 180 FS	3,00	2,52	1,54	0,00	0,00	1,41
Luna Privilege 500 SC	7,44	7,33	7,19	6,94	4,25	6,63
Kinto Duo 80 FS	5,60	5,08	2,63	1,29	0,13	2,95
Vibrance 500 FS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Systiva 333 FS	6,02	3,31	0,00	0,00	0,00	1,87
Vibrance Gold 100 FS	5,15	3,15	0,00	0,00	0,00	1,66
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)	1,59	0,85	1,49	0,89	0,89	–

omawianego patogenu. Produkt Vibrance Gold 100 FS do całkowitego hamowania przyrostu *G. graminis* doprowadził w stężeniu 100 µg·l⁻¹. Znacznie mniejszą aktywnością fungistatyczną w odniesieniu do tego patogenu cechowały się Systiva 333 FS i Luna Privilege 500 SC (tab. 26).

W stosunku do *T. incarnata* badane preparaty wykazały znacząco mniejszą aktywność fungistatyczną. Obserwowano istotnie wolniejsze tempo wzrostu strzępek grzyba na podłożu zawierającym substancję aktywną sedaksan. Vibrance Gold 100 FS do całkowitego zahamowania wzrostu *T. incarnata* doprowadził w stężeniu 100 µg·l⁻¹. Z kolei na pożywce z udziałem 100 µg·l⁻¹ fluksapyroksadu (Systiva 333 FS) stwierdzono istotne najslabsze ograniczenie tempa rozrostu powierzchniowego jego kolonii (tab. 27).

Omówione zależności między średnią wartością tempa wzrostu liniowego a zastosowanymi zaprawami nasiennymi przedstawiono także na wykresach obrazujących procentowe ograniczenie wzrostu liniowego grzybni testowanych patogenów (rys. 18-23). Ponadto fungistatyczne działanie zapraw zilustrowano na

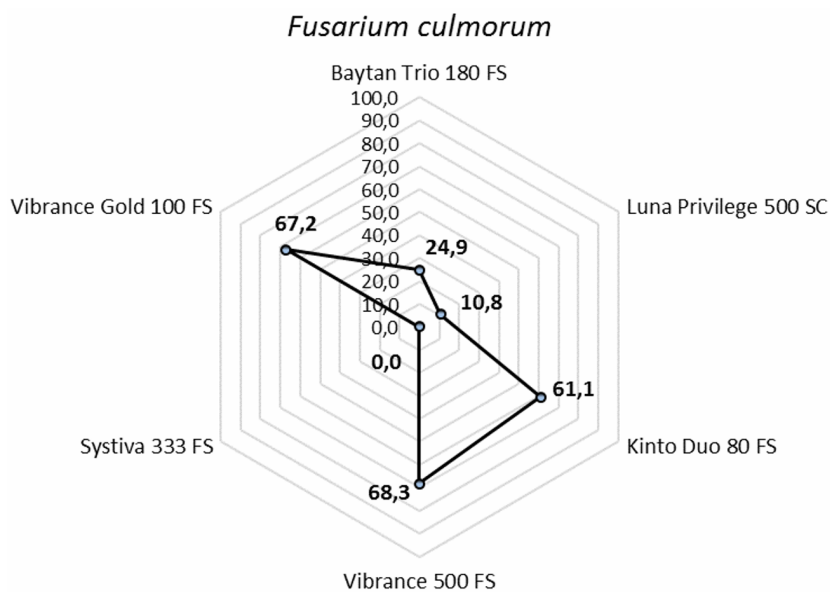
Tabela 26. Tempo wzrostu liniowego grzybni *G. graminis* na pożywce PDA (mm·doba⁻¹)
Table 26. Linear growth of mycelium *G. graminis* on PDA medium (mm·day⁻¹)

Obiekty Treatments	Stężenie substancji aktywnej (µg·l ⁻¹) Concentration of active substance (µg·l ⁻¹)					średnio mean
	0,01	0,10	1,00	10,0	100	
Kontrola – Control	6,21					
Baytan Trio 180 FS	4,85	2,54	0,52	0,00	0,00	1,58
Luna Privilege 500 SC	6,38	6,23	6,06	5,10	4,73	5,70
Kinto Duo 80 FS	3,38	2,81	2,07	1,75	1,53	2,31
Vibrance 500 FS	5,10	5,88	1,73	0,73	0,00	2,69
Systiva 333 FS	6,71	6,56	6,35	6,27	4,73	6,13
Vibrance Gold 100 FS	4,40	3,40	2,08	0,31	0,00	2,04
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)	2,50	2,11	1,07	1,15	1,05	–

Tabela 27. Tempo wzrostu liniowego grzybni *T. incarnata* na pożywce PDA (mm·doba⁻¹)
Table 27. Linear growth of mycelium *T. incarnata* on PDA medium (mm·day⁻¹)

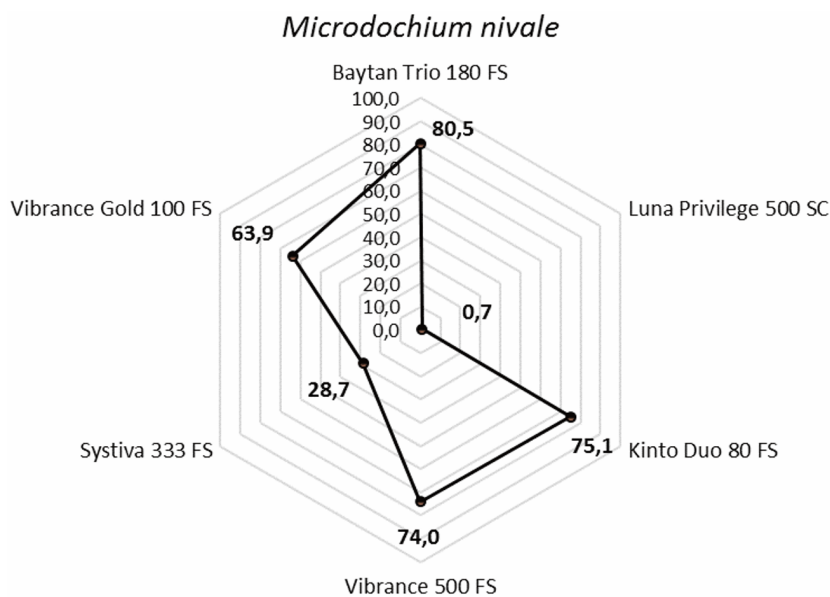
Obiekty Treatments	Stężenie substancji aktywnej (µg·l ⁻¹) Concentration of active substance (µg·l ⁻¹)					średnio mean
	0,01	0,10	1,00	10,0	100	
Kontrola – Control	1,47					
Baytan Trio 180 FS	1,21	1,15	0,77	0,50	0,31	0,79
Luna Privilege 500 SC	1,04	1,00	0,94	0,92	0,48	0,88
Kinto Duo 80 FS	1,15	0,96	0,56	0,53	0,13	0,66
Vibrance 500 FS	0,92	0,47	0,12	0,09	0,05	0,33
Systiva 333 FS	1,23	1,07	1,07	1,04	1,03	1,09
Vibrance Gold 100 FS	0,90	0,42	0,10	0,04	0,00	0,29
NIR _(0,05) – LSD _(0,05)	r.n. – n.s.	0,55	0,57	0,47	0,42	–

fotografiach 1-10. Na szalkach widoczny jest wpływ substancji aktywnych kilku kombinacji doświadczalnych na ograniczanie wzrostu i rozwoju wybranych gatunków patogenów (*F. culmorum* i *G. graminis*).



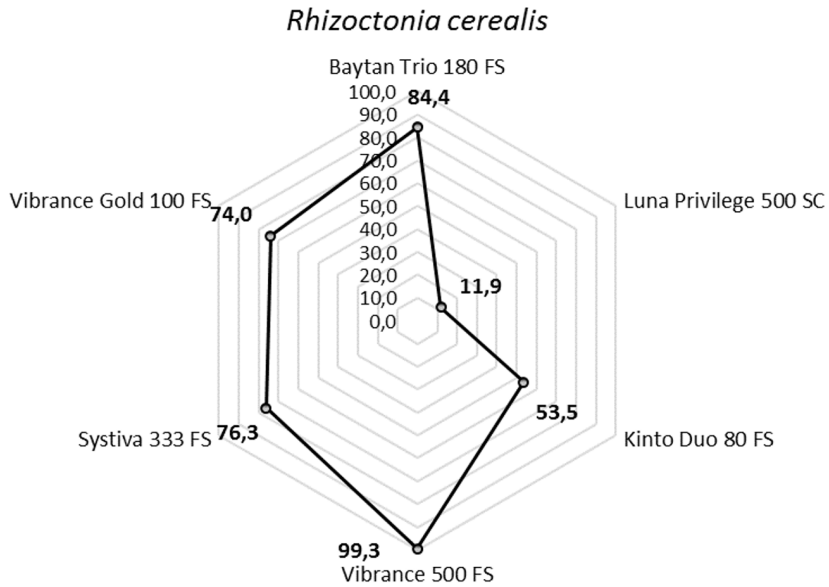
Rys. 18. Procentowe ograniczenie tempa wzrostu liniowego grzybni *F. culmorum* na pożywce PDA

Fig. 18. Percentage limited of linear growth of mycelium *F. culmorum* on PDA medium



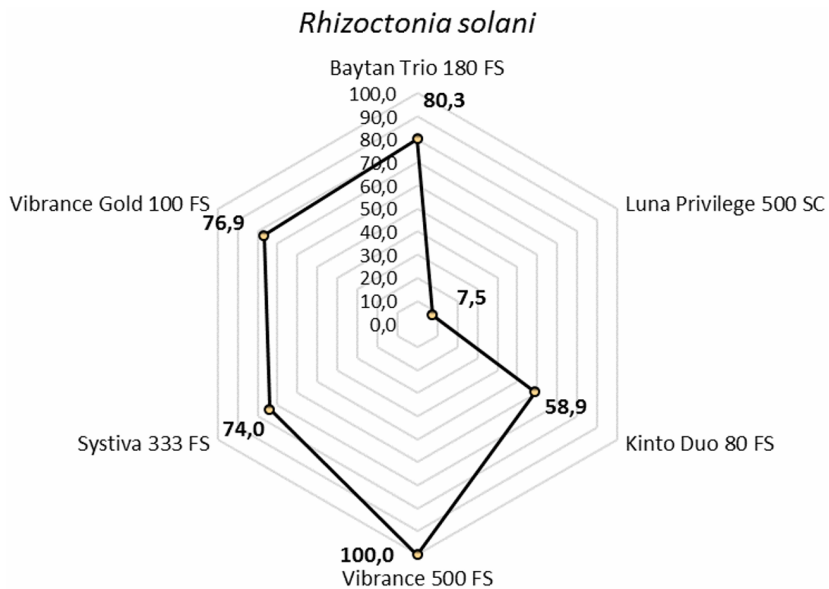
Rys. 19. Procentowe ograniczenie tempa wzrostu liniowego grzybni *M. nivale* na pożywce PDA

Fig. 19. Percentage limited of linear growth of mycelium *M. nivale* on PDA medium



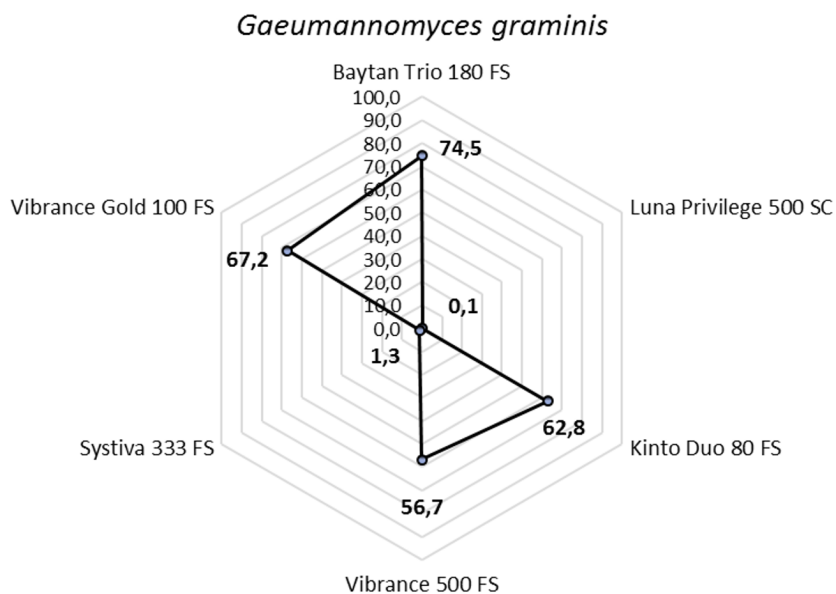
Rys. 20. Procentowe ograniczenie tempa wzrostu liniowego grzybnii *R. cerealis* na pożywce PDA

Fig. 20. Percentage limited of linear of mycelium *R. cerealis* on PDA medium



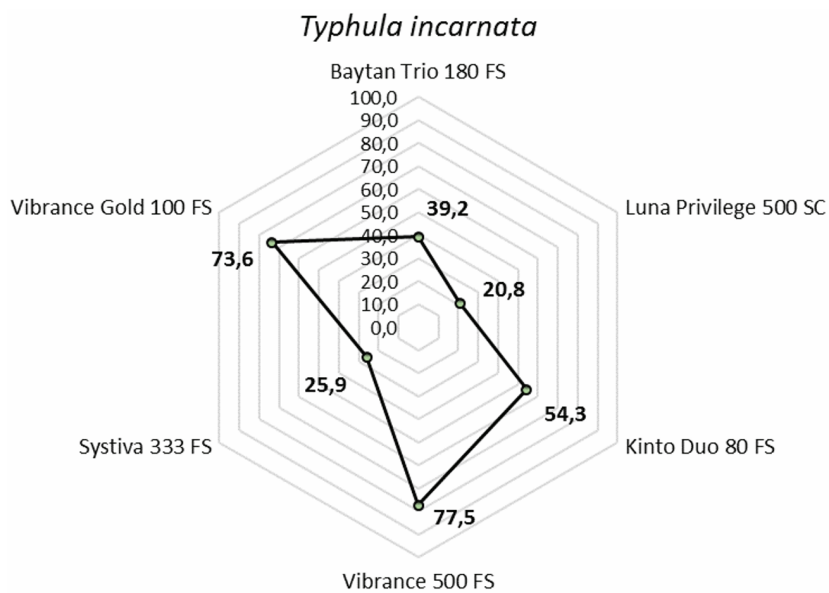
Rys. 21. Procentowe ograniczenie tempa wzrostu liniowego grzybnii *R. solani* na pożywce PDA

Fig. 21. Percentage limited of linear growth of mycelium *R. solani* on PDA medium



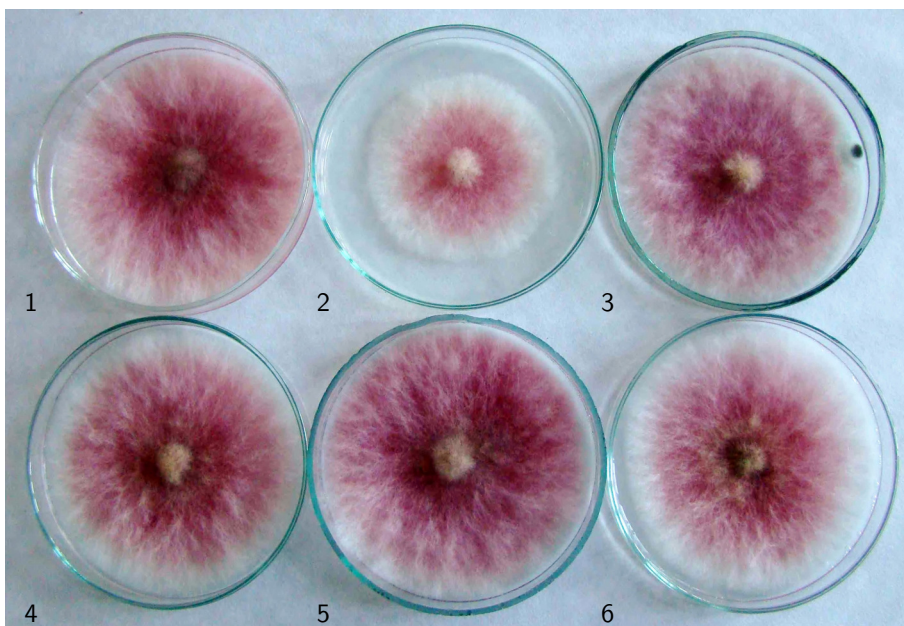
Rys. 22. Procentowe ograniczenie tempa wzrostu liniowego grzybni *G. graminis* na pożywce PDA

Fig. 22. Percentage limited of linear growth of mycelium *G. graminis* on PDA medium



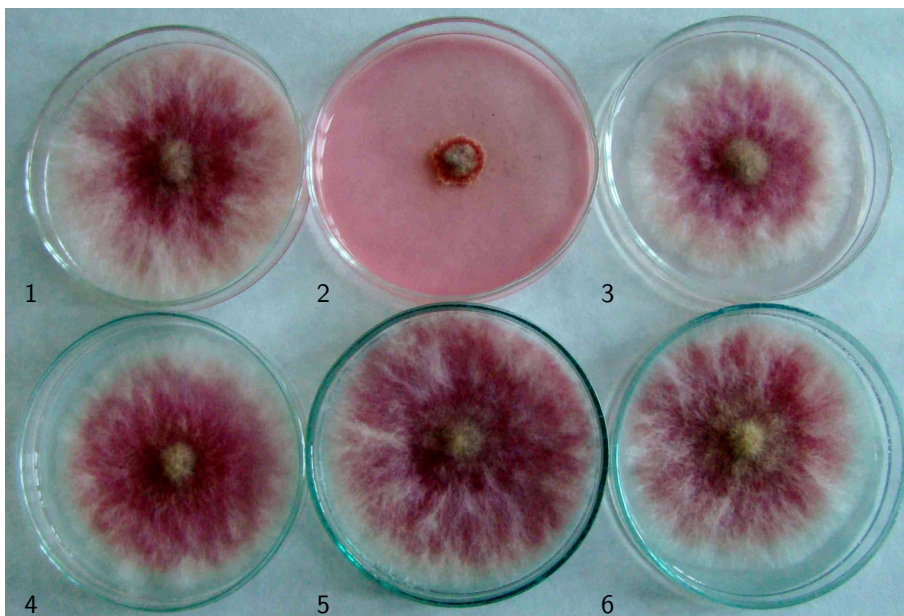
Rys. 23. Procentowe ograniczenie tempa wzrostu liniowego grzybni *T. incarnata* na pożywce PDA

Fig. 23. Percentage limited of linear growth of mycelium *T. incarnata* on PDA medium



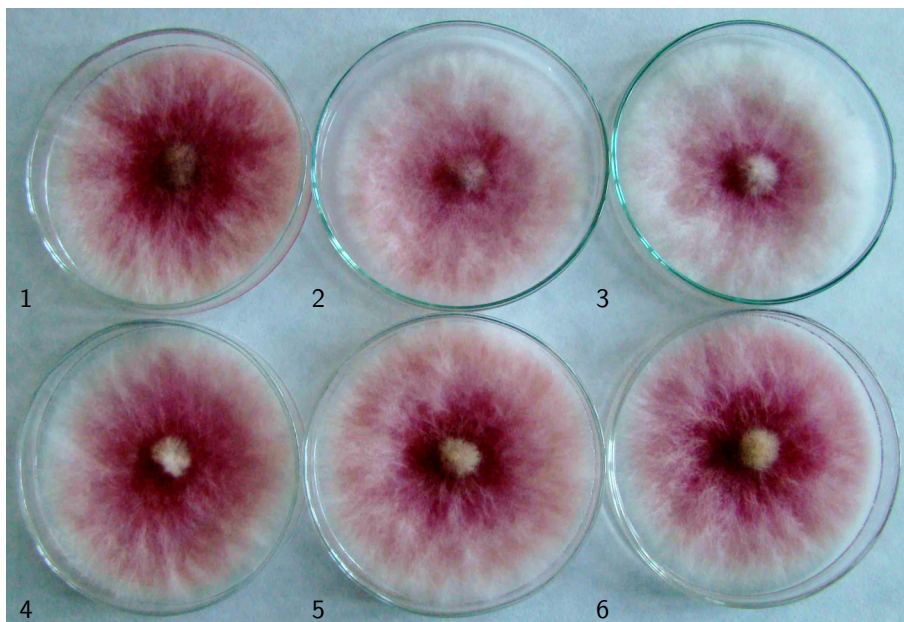
Fot. 1. Kultury *F. culmorum* na pożywce PDA z dodatkiem Luna Privilege 500 SC: 1 – kontrola, 2 – 100 µg·l⁻¹, 3 – 10 µg·l⁻¹, 4 – 1,00 µg·l⁻¹, 5 – 0,10 µg·l⁻¹, 6 – 0,01 µg·l⁻¹

Photo 1. *F. culmorum* cultures on PDA medium with the addition of Luna Privilege 500 SC: 1 – untreated, 2 – 100 µg·l⁻¹, 3 – 10 µg·l⁻¹, 4 – 1.00 µg·l⁻¹, 5 – 0.10 µg·l⁻¹, 6 – 0.01 µg·l⁻¹



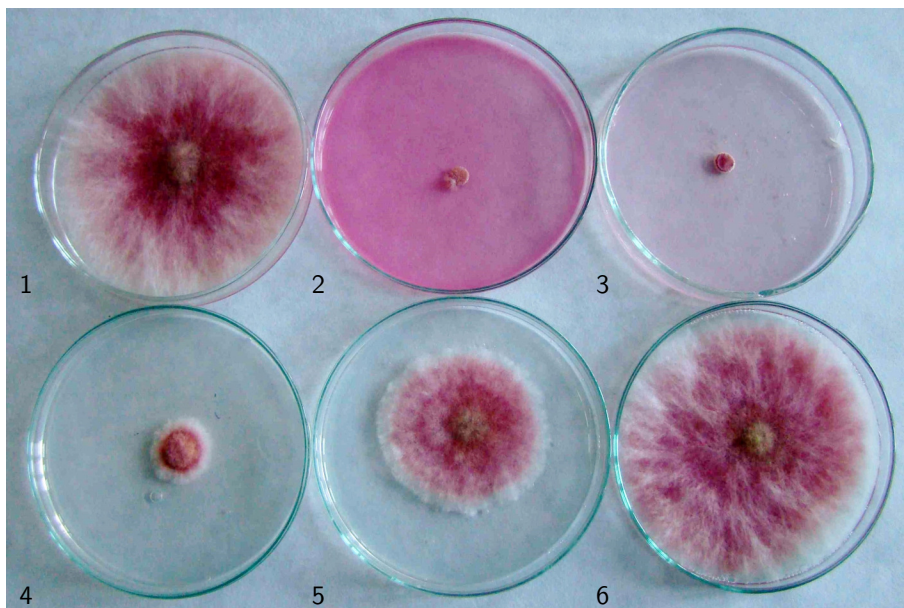
Fot. 2. Kultury *F. culmorum* na pożywce PDA z zaprawą Baytan Trio 180 FS: 1 – kontrola, 2 – 100 µg·l⁻¹, 3 – 10 µg·l⁻¹, 4 – 1,00 µg·l⁻¹, 5 – 0,10 µg·l⁻¹, 6 – 0,01 µg·l⁻¹

Photo 2. *F. culmorum* cultures on PDA medium with the addition of Baytan Trio 180 FS: 1 – untreated, 2 – 100 µg·l⁻¹, 3 – 10 µg·l⁻¹, 4 – 1.00 µg·l⁻¹, 5 – 0.10 µg·l⁻¹, 6 – 0.01 µg·l⁻¹



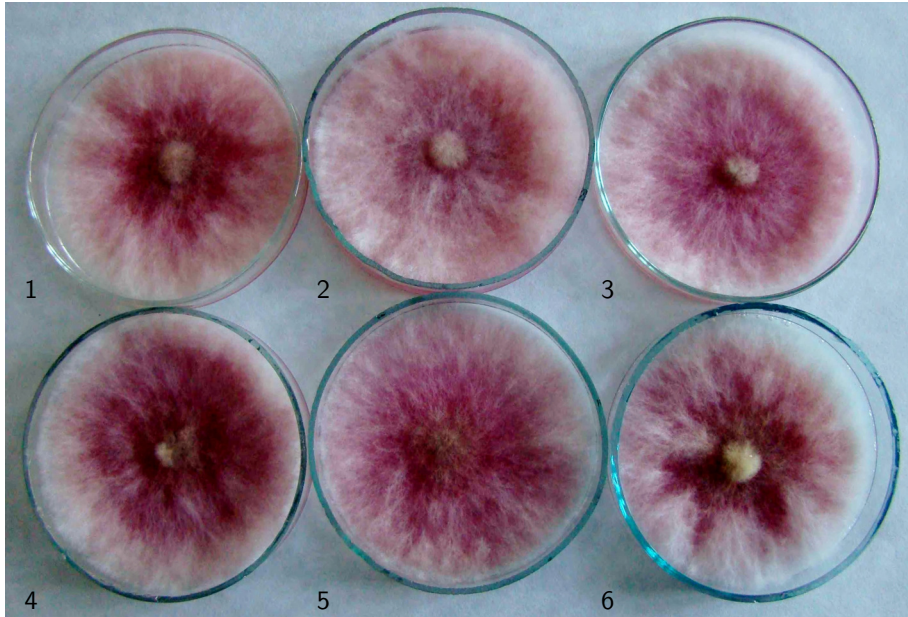
Fot. 3. Kultury *F. culmorum* na pożywce PDA z Vibrance 500 FS: 1 – kontrola, 2 – $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – $1,00 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

Photo 3. *F. culmorum* cultures on PDA medium with the addition of Vibrance 500 FS: 1 – untreated, 2 – $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – $1.00 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – $0.10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – $0.01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

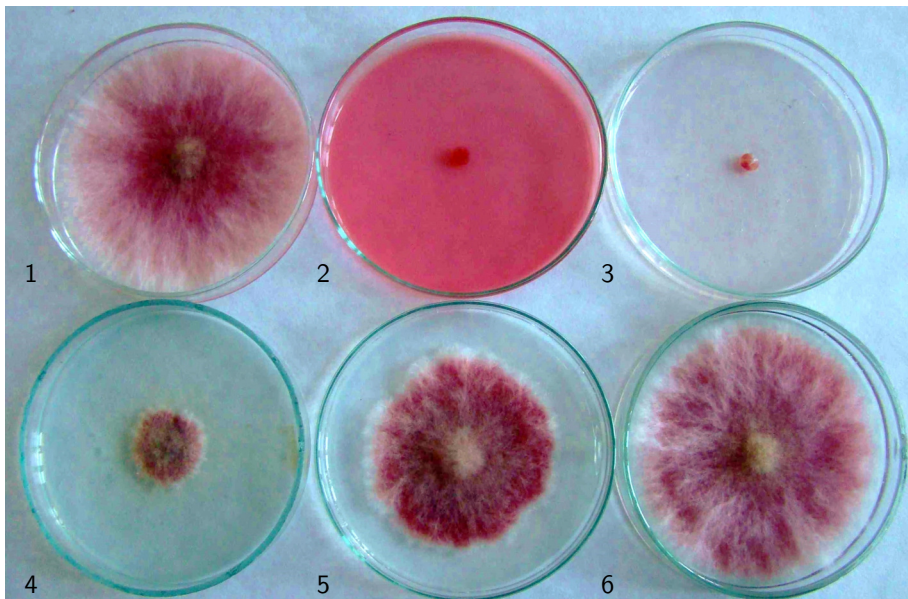


Fot. 4. Kultury *F. culmorum* na pożywce PDA z zaprawą nasienną Vibrance Gold 100 FS: 1 – kontrola, 2 – $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – $1,00 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

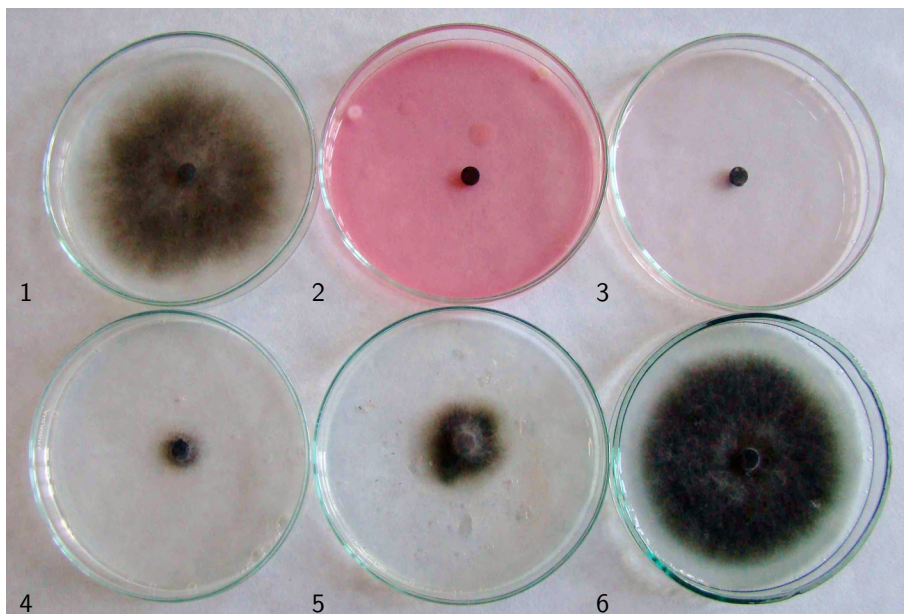
Photo 4. *F. culmorum* cultures on PDA medium with the addition of Vibrance Gold 100 FS: 1 – untreated, 2 – $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – $1.00 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – $0.10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – $0.01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$



Fot. 5. Kultury *F. culmorum* na pożywce PDA z zaprawą nasienną Systiva 333 FS: 1 – kontrola, 2 – 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – 1,00 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – 0,10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – 0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
Photo 5. *F. culmorum* cultures on PDA medium with the addition of Systiva 333 FS: 1 – untreated, 2 – 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – 1.00 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – 0.10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – 0.01 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$



Fot. 6. Kultury *F. culmorum* na pożywce PDA z zaprawą nasienną Kinto Duo 80 FS: 1 – kontrola, 2 – 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – 1,00 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – 0,10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – 0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
Photo 6. *F. culmorum* cultures on PDA medium with the addition of Kinto Duo 80 FS: 1 – untreated, 2 – 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – 1.00 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – 0.10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – 0.01 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$



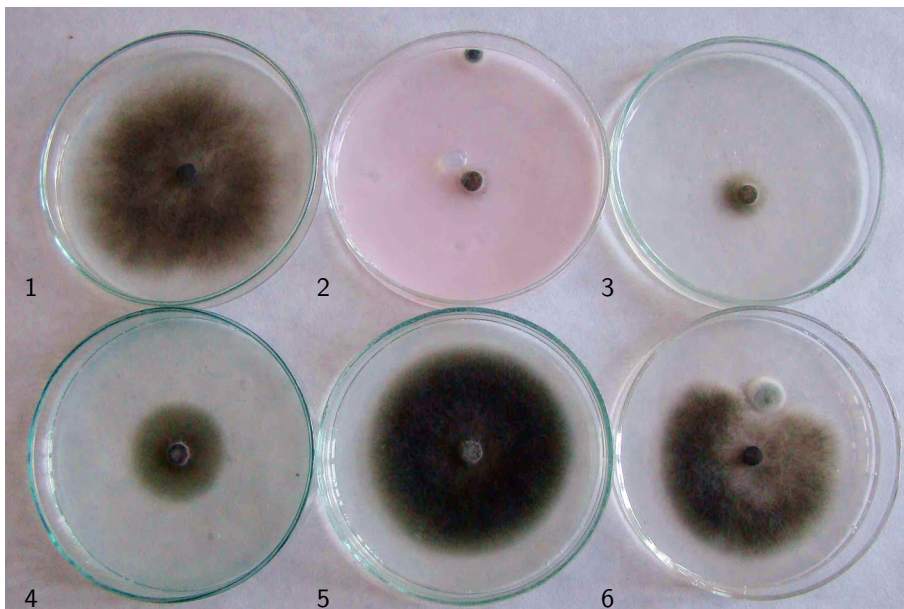
Fot. 7. Kultury *G. graminis* na pożywce PDA z zaprawą Baytan Trio 180 FS: 1 – kontrola, 2 – 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – 1,00 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – 0,10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – 0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

Photo 7. *G. graminis* cultures on PDA medium with addition of Baytan Trio 180 FS: 1 – untreated, 2 – 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – 1.00 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – 0.10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – 0.01 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

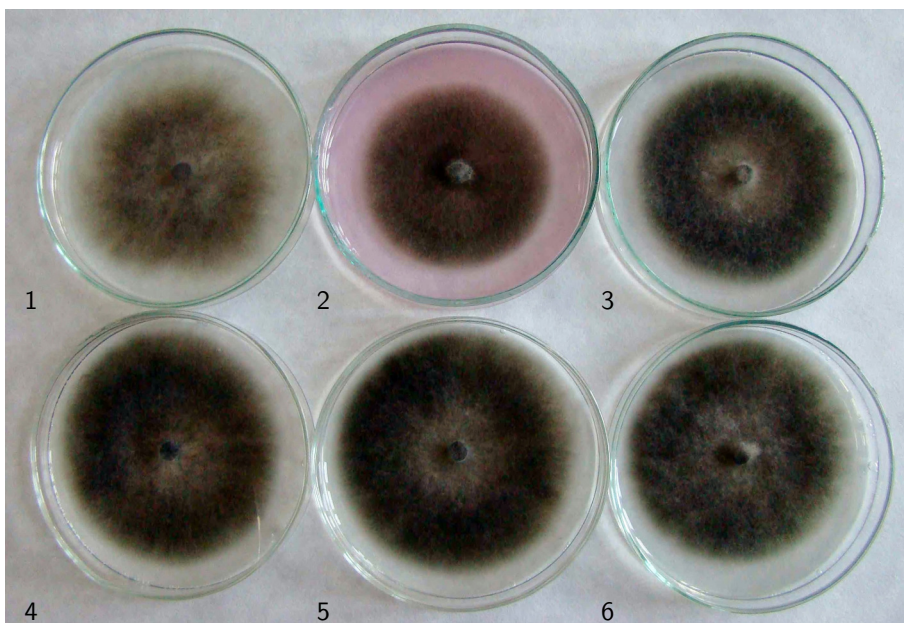


Fot. 8. Kultury *G. graminis* na pożywce PDA z zaprawą Vibrance Gold 100 FS: 1 – kontrola, 2 – 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – 1,00 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – 0,10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – 0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

Photo 8. *G. graminis* cultures on PDA medium with addition of Vibrance Gold 100 FS: 1 – untreated, 2 – 100 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – 1.00 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – 0.10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – 0.01 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$



Fot. 9. Kultury *G. graminis* na pożywce PDA z zaprawą nasienną Vibrance 500 FS: 1 – kontrola, 2 – $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – $1,00 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
Photo 9. *G. graminis* cultures on PDA medium with the addition of Vibrance 500 FS: 1 – untreated, 2 – $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – $1.00 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – $0.10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – $0.01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$



Fot. 10. Kultury *G. graminis* na pożywce PDA z zaprawą nasienną Systiva 333 FS: 1 – kontrola, 2 – $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – $1,00 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – $0,10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
Photo 10. *G. graminis* cultures on PDA medium with the addition of Systiva 333 FS: 1 – untreated, 2 – $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 3 – $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 4 – $1.00 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 5 – $0.10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, 6 – $0.01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$

3.4. Wybrane wskaźniki fluorescencji jęczmienia oceniane w warunkach komory wzrostu

Pomiar fluorescencji w przeprowadzonych badaniach w komorze wzrostowej został wykorzystany do określenia sprawności aparatu fotosyntetycznego oraz oceny stanu fizjologicznego roślin po zastosowaniu zapraw nasiennych i stresu suszy. Analiza krzywej indukcji fluorescencji chlorofilu pozwala ocenić współdziałanie fotochemicznych reakcji fazy świetlnej fotosyntezy z wydajnością biochemicznych reakcji w fazie ciemnej, co jest warunkiem wysokiej sprawności całego procesu fotosyntezy. Sygnał fluorescencji (część energii, którą roślina pobrała, ale nastąpiła jej reemisja w wyniku uszkodzeń aparatu fotosyntetycznego) jest miernikiem zakłócenia procesów związanych z funkcjonowaniem PSII (fotoukładu II) umiejscowionego w chlorofilu. Zwiększona emisja fluorescencji pozwala stwierdzić czy roślina uległa stresowi, a jej stopniowe zmniejszenie umożliwia ocenę czasu potrzebnego do całkowitej regeneracji rośliny.

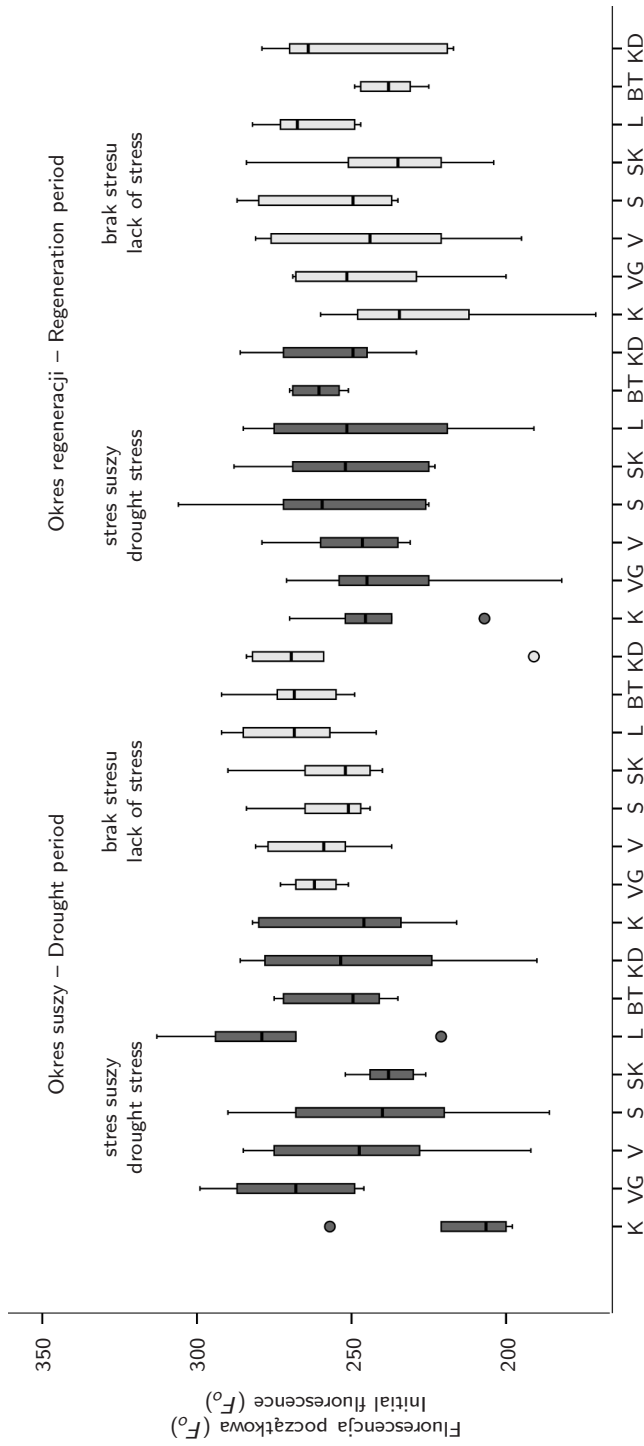
Pomiar fluorescencji chlorofilu u roślin jęczmienia został wykonany w celu wskazania, które z zastosowanych zapraw i w jakim stopniu łagodzą uszkodzenia wywołane stresem suszy oraz czy wpływają one istotnie na regenerację roślin.

Parametr F_o jest pierwszym punktem krzywej indukcji fluorescencji chlorofilu a . Oznacza stratę energii wzbudzenia jeszcze na etapie jej przekazywania z anten energetycznych do centrum reakcji PSII, kiedy to akceptory Q_A są utlenione w pełni, a centra reakcji PSII są otwarte. Duże wartości tego parametru świadczą o zmniejszeniu efektywności transferu energii wzbudzenia pomiędzy cząsteczkami barwników w antenie energetycznej PSII, ale mogą być również spowodowane zmniejszeniem efektywności absorpcji energii przez PSII.

U roślin traktowanych zaprawami nasiennymi oraz zaprawionych wodą wykazano wysoce istotne różnice w wartości ocenianego parametru, przy jednoczesnych istotnych różnicach między grupą stresowaną i niestresowaną suszą (tab. 28). Świadczy to, że zastosowanie wszystkich preparatów spowodowało powstanie uszkodzeń w początkowym przekazywaniu energii wzbudzenia, a stres suszy dodatkowo je pogłębił (rys. 24 i 25).

Najwyższe różnice w ocenie parametru F_o wykazano dla roślin zaprawionych preparatami Vibrance Gold 100 FS i Luna Privilege 500 SC wobec kontroli (obiekt bez zaprawy nasiennej), zarówno u obiektów stresowanych, jak i pozostających bez stresu (tab. 29). Nie odnotowano wzrostu parametru F_o dla roślin zaprawianych tymi preparatami między obiektami stresowanymi suszą a niestresowanymi. Zaprawianie ziarna preparatami Vibrance Gold 100 FS i Luna Privilege 500 SC wywołało największy stres u roślin, natomiast pojawienie się stresu suszy nie przyczyniło się do pogłębienia tych uszkodzeń (tab. 28).

Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w parametrze F_o w okresie regeneracji, co może świadczyć, iż nastąpiło naprawienie uszkodzeń PSII wywołanych zaprawianiem ziarna oraz suszą (tab. 29).



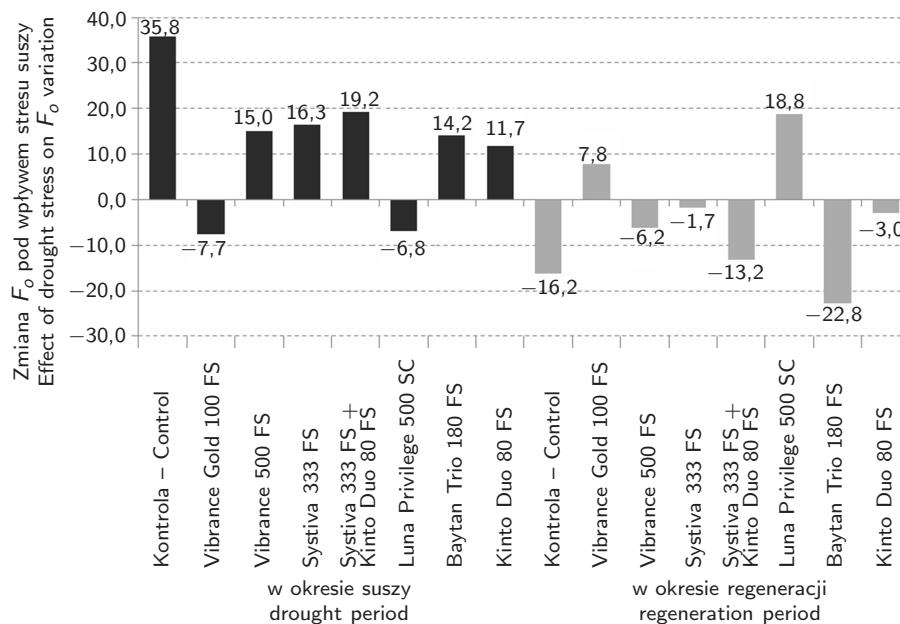
Rys. 24. Statystyka pozycyjna dla fluorescencji początkowej (F_0) w okresie suszy i regeneracji: K – kontrola, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS

Fig. 24. Position statistics of initial fluorescence (F_0) during drought and regeneration period: K – control, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS

Tabela 28. Wpływ zapraw nasiennych na poziom fluorescencji początkowej (F_o) w okresie suszy i regeneracji

Table 28. Effect of seed treatments on initial fluorescence (F_o) level during drought and regeneration period

Zaprawa nasienna Seed treatments	Średni poziom cechy – Average level of trait			
	okres suszy drought period		okres regeneracji regeneration period	
	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress
Kontrola – Control	250,7	214,8	242,8	226,7
Vibrance Gold 100 FS	261,8	269,5	237,0	244,8
Vibrance 500 FS	260,8	245,8	249,7	243,5
Systiva 333 FS	257,0	240,7	258,0	256,3
Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	257,2	238,0	251,5	238,3
Luna Privilege 500 SC	268,8	275,7	245,5	264,3
Baytan Trio 180 FS	267,8	253,7	260,8	238,0
Kinto Duo 80 FS	259,2	247,5	255,2	252,2



Rys. 25. Wpływ zapraw nasiennych na zmianę fluorescencji początkowej (F_o) podczas okresu suszy i regeneracji

Fig. 25. Effect of seed treatments on initial fluorescence (F_o) variation during drought and regeneration period

Tabela 29. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) i testu Tukeya dla F_o
Table 29. Results of two-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey test of F_o

Okres badań Experiment period	ANOVA – statystyczna istotność czynników (wartość p) ANOVA – statistical significance of factors (p value)		Wyniki testów post hoc – grupy jednorodne Post hoc test results – homogeneous groups							
			K	SK	S	V	KD	BT	VG	L
Susza Drought	zaprawa seed treatments	0,009**	a	ab	ab	ab	ab	ab	b	b
	stres suszy drought stress	0,018*	stres suszy drought stress				brak stresu lack of stress			
			A				B			
	interakcja interaction	0,452 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							
Regeneracja Regeneration	zaprawa seed treatments	0,373 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							
	stres suszy drought stress	0,378 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							
	interakcja interaction	0,545 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							

K – kontrola, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS.

*Różnice istotne statystycznie ($p < 0,05$).

**Różnice wysoce istotne ($p < 0,01$).

^{r.n.}Różnice statystycznie nieistotne ($p > 0,05$).

a, b – jednorodne grupy utworzone w wyniku porównań wielokrotnych i nieróżniące się pod względem średniego poziomu cechy z zastosowaniem poszczególnych zapraw nasiennych (uporządkowane rosnąco według średniej wartości cechy).

A, B – grupy (uporządkowane rosnąco według średniej wartości cechy) dla występowania lub niewystępowania stresu suszy.

K – control, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS.

*Statistically significant differences ($p < 0.05$).

**Highly significant differences ($p < 0.01$).

^{n.s.}No statistically significant differences ($p > 0.05$).

a, b – homogenous of the groups (order ascending by the mean value of the factor) of seed treatment variant.

A, B – means groups (order ascending by the mean value of the factor) of occurrence drought stress or not.

Parametr F_m , który jest wartością fluorescencji, uzyskujemy poprzez włączenie impulsu wysycającego tak, aby zmierzyć najwyższą wartość fluorescencji. W tym czasie wszystkie akceptory Q_A są zredukowane, a centra reakcji PSII zamknięte. Zmniejszenie F_m oznacza, że nastąpiły uszkodzenia niepozwalające na całkowitą redukcję akceptorów elektronów w PSII. Zmniejszenie wartości wspomnianego parametru świadczy zatem o wystąpieniu stresu u roślin.

W czasie stresowania roślin suszą wykorzystanie każdej z zapraw nasiennych wpłynęło na istotne statystycznie różnice w wartości parametru F_m wobec zabiegu wodą (kontrola). Największą różnicę wykazano w wyniku użycia preparatu Luna Privilege 500 SC (tab. 31). Nie stwierdzono istotnych różnic między obiektami poddanymi i wolnymi od stresu suszy (tab. 30). Wartość badanego parametru na wszystkich obiektach zaprawionych była większa w porównaniu z kontrolą, co oznacza, iż zastosowanie każdego ze środków poprawiło kondycję roślin zarówno w stresie, jak i bez stresu (tab. 30). Dodatkowo wartość parametru F_m była znacznie mniejsza w okresie suszy u roślin traktowanych preparatami Vibrance Gold 100 FS, Luna Privilege 500 SC oraz Vibrance 500 FS. Na wspomnianych obiektach obserwowano też największy wzrost ocenianego parametru, co świadczy o silnych zdolnościach do regeneracji (rys. 26 i 27). Dopiero pomiar w czasie zaplanowanym na regenerację wykazał istotne różnice między obiektami stresowanymi a niestresowanymi, natomiast stres wynikający z zaprawiania nie był istotny statystycznie (tab. 31).

Parametr F_v/F_m jest wartością obliczoną; oznacza stosunek $(F_m - F_o)/F_m$ i jest stosowany jako wskaźnik aktywności fotosyntetycznej aparatu fotosyntetycznego. Obniżenie wartości F_v/F_m oznacza uszkodzenie funkcji PSII wywołanej wcześniejszym wystąpieniem stresu. W przeprowadzonych badaniach parametr F_v/F_m nie okazał się wrażliwy na zaprawianie wybranymi preparatami, ani w czasie trwania stresu suszy, ani po regeneracji (tab. 32). Wykazał natomiast istotne zmniejszenie aktywności fotosyntetycznej w czasie regeneracji roślin w wyniku wywołania stresu suszy (tab. 33).

Najmniejsze obniżenie wartości parametru aktywności fotosyntetycznej aparatu fotosyntetycznego F_v/F_m w okresie suszy, a w konsekwencji efektywności fotosyntezy, odnotowano dla roślin z zastosowaniem preparatu Luna Privilege 500 SC, a największe na obiekcie kontrolnym (rys. 28 i 29).

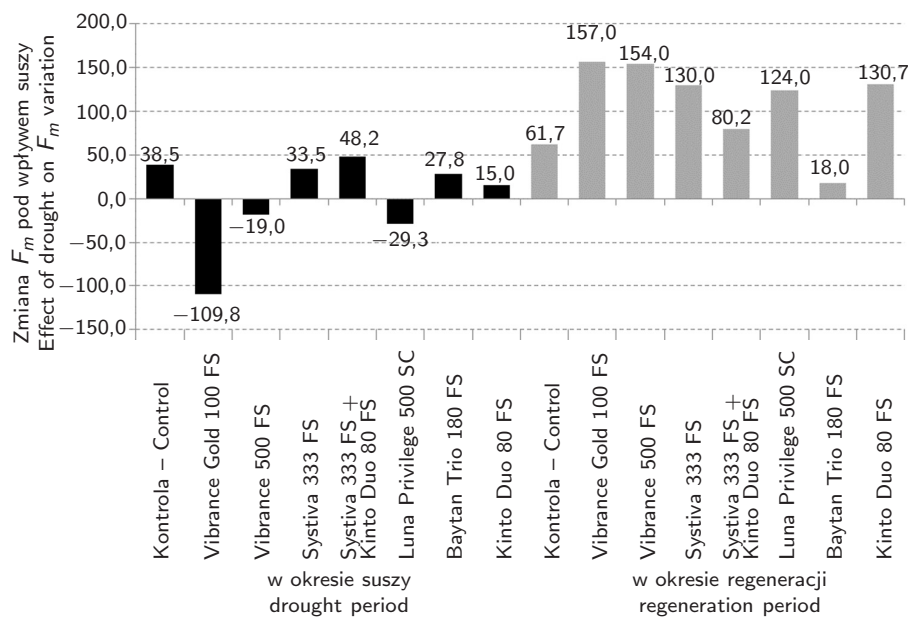
Wydaźność kwantową reakcji fotochemicznej w PSII przedstawiono za pomocą parametru Y . Wskazując, jaka część kwantów światła została wykorzystana w przemianach fotochemicznych, określa on ile spośród zaabsorbowanych kwantów PAR (promieniowanie fotosyntetyczne aktywne) uległo reemisji.

Stres suszy powoduje u roślin przymknięcie aparatów szparkowych, co skutkuje zmniejszeniem asymilacji CO_2 , a w konsekwencji mniejszym zapotrzebowaniem na ATP i NADPH. Wpływa to na zmniejszenie wartości Y oraz spowolnienie transportu elektronów przez fotoukłady (ETR – wskaźnik szybkości przepływu elektronów). W przeprowadzonych badaniach parametry Y i ETR wykazały istotny spadek w czasie wywołania stresu suszy u roślin. Efekt zmniejszenia wydaźności fotochemicznej utrzymywał się przez okres przeznaczony na regenerację (tab. 34 i 36). W czasie pomiaru po regeneracji

Tabela 30. Wpływ zapraw nasiennych na poziom fluorescencji maksymalnej (F_m) w okresie suszy i regeneracji

Table 30. Effect of seed treatments on maximum fluorescence (F_m) level during drought and regeneration period

Zaprawa nasienna Seed treatments	Średni poziom cechy – Average level of trait			
	okres suszy drought period		okres regeneracji regeneration period	
	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress
Kontrola – Control	992,8	1 031,3	969,0	1 030,7
Vibrance Gold 100 FS	1 199,5	1 089,7	930,2	1 087,2
Vibrance 500 FS	1 125,8	1 106,8	962,3	1 116,3
Systiva 333 FS	1 087,0	1 120,5	1 005,3	1 135,3
Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	1 074,8	1 123,0	1 000,2	1 080,3
Luna Privilege 500 SC	1 202,0	1 172,7	992,3	1 116,3
Baytan Trio 180 FS	1 124,5	1 152,3	1 061,8	1 079,8
Kinto Duo 80 FS	1 093,0	1 108,0	1 017,7	1 148,3



Rys. 27. Wpływ zapraw nasiennych na zmianę fluorescencji maksymalnej (F_m) podczas okresu suszy i regeneracji

Fig. 27. Effect of seed treatments on maximum fluorescence (F_m) variation during drought and regeneration period

Tabela 31. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) i testu Tukeya dla F_m
Table 31. Results of two-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey test of F_m

Okres badań Experiment period	ANOVA – statystyczna istotność czynników (wartość p) ANOVA – statistical significance of factors (p value)		Wyniki testów post hoc – grupy jednorodne Post hoc test results – homogeneous groups							
	zaprawa seed treatments		K	SK	KD	S	V	BT	VG	L
Susza Drought	zaprawa seed treatments	0,044*	a	ab	ab	ab	ab	ab	ab	b
	stres suszy drought stress	0,980 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							
	interakcja interaction	0,764 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							
Regeneracja Regeneration	zaprawa seed treatments	0,593 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							
	stres suszy drought stress	0,000**	stres suszy drought stress				brak stresu lack of stress			
			992,35 a				1 099,29 b			
	interakcja interaction	0,806 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							

K – kontrola, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS.

*Różnice istotne statystycznie ($p < 0,05$).

**Różnice wysoce istotne ($p < 0,01$).

^{r.n.}Różnice statystycznie nieistotne ($p > 0,05$).

a, b – jednorodne grupy utworzone w wyniku porównań wielokrotnych i nieróżniące się pod względem średniego poziomu cechy z zastosowaniem poszczególnych zapraw nasiennych (uporządkowane rosnąco według średniej wartości cechy).

A, B – grupy (uporządkowane rosnąco według średniej wartości cechy) dla występowania lub niewystępowania stresu suszy.

K – control, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS.

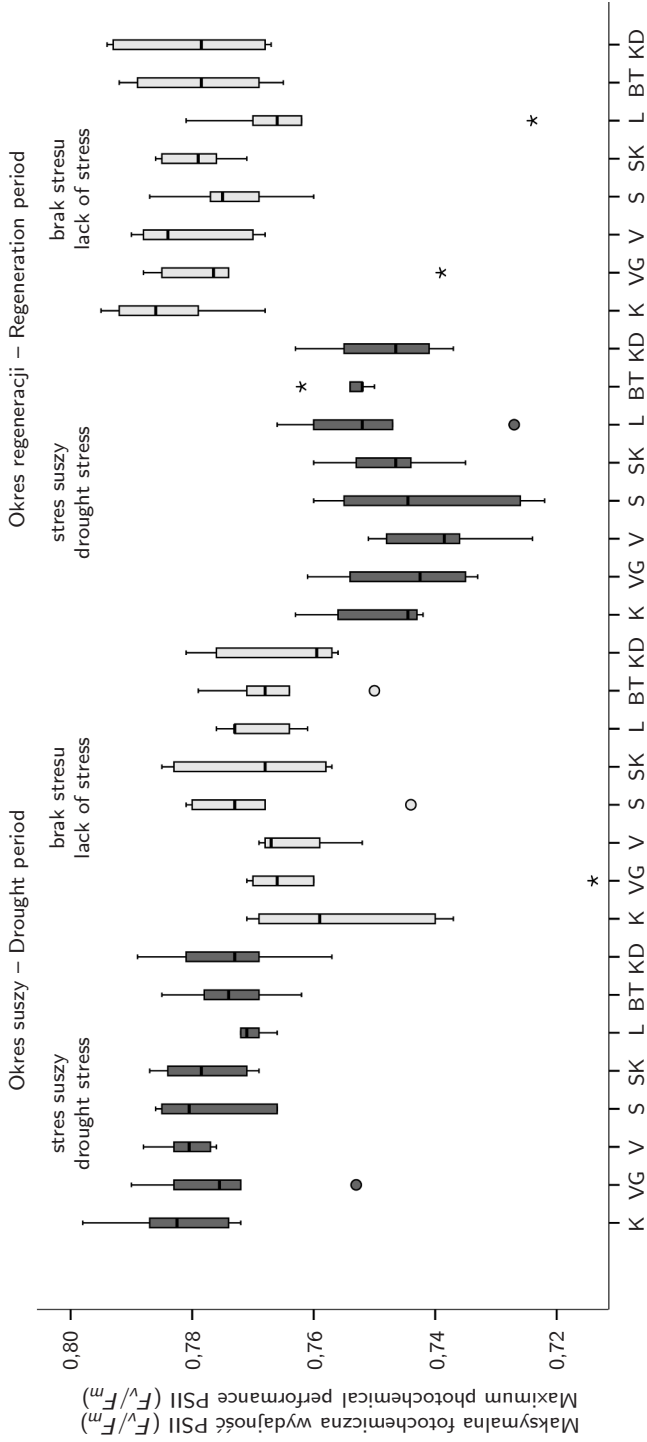
*Statistically significant differences ($p < 0.05$).

**Highly significant differences ($p < 0.01$).

^{r.n.}No statistically significant differences ($p > 0.05$).

a, b – homogenous of the groups (order ascending by the mean value of the factor) of seed treatment variant.

A, B – means groups (order ascending by the mean value of the factor) of occurrence drought stress or not.



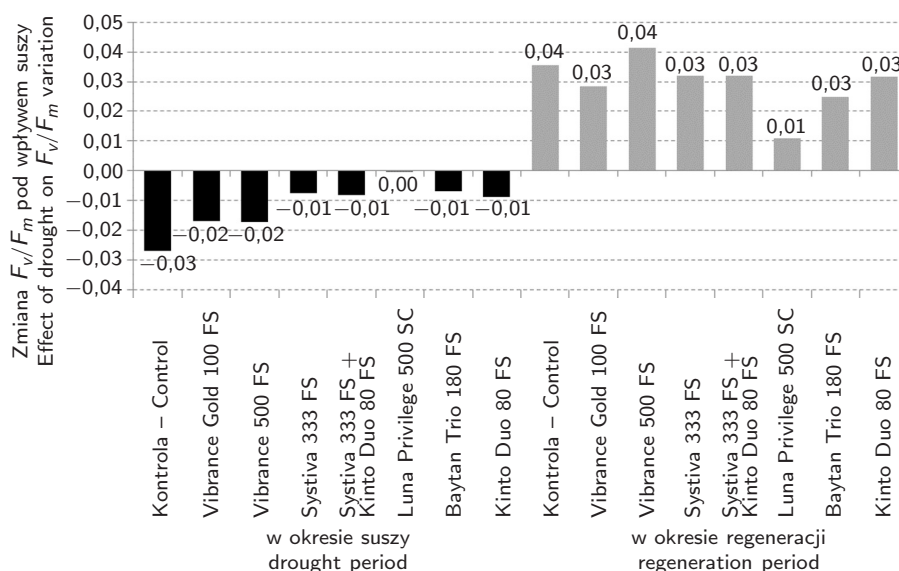
Rys. 28. Statystyka pozycyjna maksymalnej wydajności fotochemicznej PSII (F_v/F_m) w okresie suszy i regeneracji: K – kontrola, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS

Fig. 28. Position statistics of maximum photochemical performance PSII (F_v/F_m) during drought and regeneration period: K – control, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS

Tabela 32. Wpływ zapraw nasiennych na poziom maksymalnej fotochemicznej wydajności PSII (F_v/F_m) w okresie suszy i regeneracji

Table 32. Effect of seed treatments on maximum photochemical performance PSII (F_v/F_m) level during drought and regeneration period

Zaprawa nasienna Seed treatments	Średni poziom cechy – Average level of trait			
	okres suszy drought period		okres regeneracji regeneration period	
	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress
Kontrola – Control	0,78	0,76	0,75	0,78
Vibrance Gold 100 FS	0,77	0,76	0,74	0,77
Vibrance 500 FS	0,78	0,76	0,74	0,78
Systiva 333 FS	0,78	0,77	0,74	0,77
Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	0,78	0,77	0,75	0,78
Luna Privilege 500 SC	0,77	0,77	0,75	0,76
Baytan Trio 180 FS	0,77	0,77	0,75	0,78
Kinto Duo 80 FS	0,77	0,76	0,75	0,78



Rys. 29. Wpływ zapraw nasiennych na zmianę maksymalnej fotochemicznej wydajności PSII (F_v/F_m) podczas okresu suszy i regeneracji

Fig. 29. Effect of seed treatments on maximum photochemical performance PSII (F_v/F_m) during drought and regeneration period

Tabela 33. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) i testu Tukeya dla (F_v/F_m)
Table 33. Results of two-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey test of (F_v/F_m)

Okres badań Experiment period	ANOVA – statystyczna istotność czynników (wartość p) ANOVA – statistical significance of factors (p value)		Wyniki testów post hoc – grupy jednorodne Post hoc test results – homogeneous groups	
Susza Drought	zaprawa seed treatments	0,260 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.	
	stres suszy drought stress	0,999 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.	
	interakcja interaction	0,666 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.	
Regeneracja Regeneration	zaprawa seed treatments	0,222 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.	
	stres suszy drought stress	0,000*	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress
			0,747 A	0,776 B
	interakcja interaction	0,099 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.	

*Różnice wysoce istotne ($p < 0,01$).

^{r.n.}Różnice statystycznie nieistotne ($p > 0,05$).

A, B – grupy (uporządkowane rosnąco według średniej wartości cechy) dla występowania lub niewystępowania stresu suszy.

*Highly significant differences ($p < 0.01$).

^{n.s.}No statistically significant differences ($p > 0.05$).

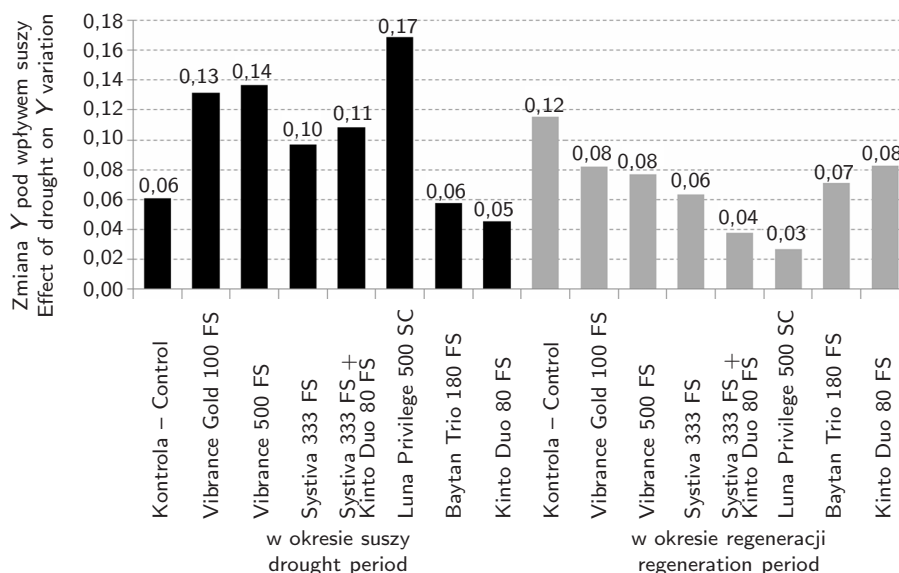
A, B – groups (order ascending by the mean value of the factor) of occurrence drought stress or not.

wystąpił wysoce istotny wpływ zastosowanych preparatów na omawiane parametry (tab. 35 i 37). Pomiar zarówno Y , jak i ETR wskazuje, iż wszystkie użyte preparaty złagodziły stres suszy. Luna Privilege 500 SC oraz Systiva 333 FS zastosowana łącznie z Kinto Duo 80 FS okazały się najskuteczniejsze w łagodzeniu niekorzystnych skutków stresu suszy, o czym świadczy najmniejsze obniżenie obu parametrów między obiektami stresowanymi i wolnymi od stresu w okresie regeneracji (rys. 31 i 33). Potwierdzają to także statystyki pozytywne dla parametrów zarówno Y (rys. 30), jak i ETR (rys. 32).

Tabela 34. Wpływ zapraw nasiennych na wydajność kwantowej reakcji fotochemicznej (Y) w okresie suszy i regeneracji

Table 34. Effect of seed treatments on performance of photochemical quantum reaction (Y) during drought and regeneration period

Zaprawa nasienna Seed treatments	Średni poziom cechy – Average level of trait			
	okres suszy drought period		okres regeneracji regeneration period	
	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress
Kontrola – Control	0,26	0,32	0,21	0,33
Vibrance Gold 100 FS	0,27	0,40	0,24	0,33
Vibrance 500 FS	0,25	0,39	0,27	0,34
Systiva 333 FS	0,29	0,39	0,29	0,35
Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	0,29	0,40	0,30	0,34
Luna Privilege 500 SC	0,21	0,38	0,27	0,29
Baytan Trio 180 FS	0,30	0,36	0,29	0,36
Kinto Duo 80 FS	0,34	0,38	0,27	0,36



Rys. 31. Wpływ zapraw nasiennych na zmianę wydajności kwantowej reakcji fotochemicznej (Y) podczas okresu suszy i regeneracji

Fig. 31. Effect of seed treatments on performance of photochemical quantum reaction (Y) during drought and regeneration period

Tabela 35. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) i testu Tukeya dla Y
Table 35. Results of two-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey test of Y

Okres badań Experiment period	ANOVA – statystyczna istotność czynników (wartość p) ANOVA – statistical significance of factors (p value)		Wyniki testów post hoc – grupy jednorodne Post hoc test results – homogeneous groups							
Susza Drought	zaprawa seed treatments	0,080 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							
	stres suszy drought stress	0,000*	stres suszy drought stress				brak stresu lack of stress			
			0,275 A				0,376 B			
interakcja interaction	0,105 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.								
Regeneracja Regeneration	zaprawa seed treatments	0,006*	K	L	VG	V	KD	SK	S	BT
			a	ab	ab	ab	ab	ab	ab	b
	stres suszy drought stress	0,000*	stres suszy drought stress				brak stresu lack of stress			
			0,267 A				0,336 B			
interakcja interaction	0,930 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.								

K – kontrola, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS.

*Różnice wysoce istotne ($p < 0,01$).

^{r.n.}Różnice statystycznie nieistotne ($p > 0,05$).

a, b – jednorodne grupy utworzone w wyniku porównań wielokrotnych i nieróżniące się pod względem średniego poziomu cechy z zastosowaniem poszczególnych zapraw nasiennych (uporządkowane rosnąco według średniej wartości cechy).

A, B – grupy (uporządkowane rosnąco według średniej wartości cechy) dla występowania lub niewystępowania stresu suszy.

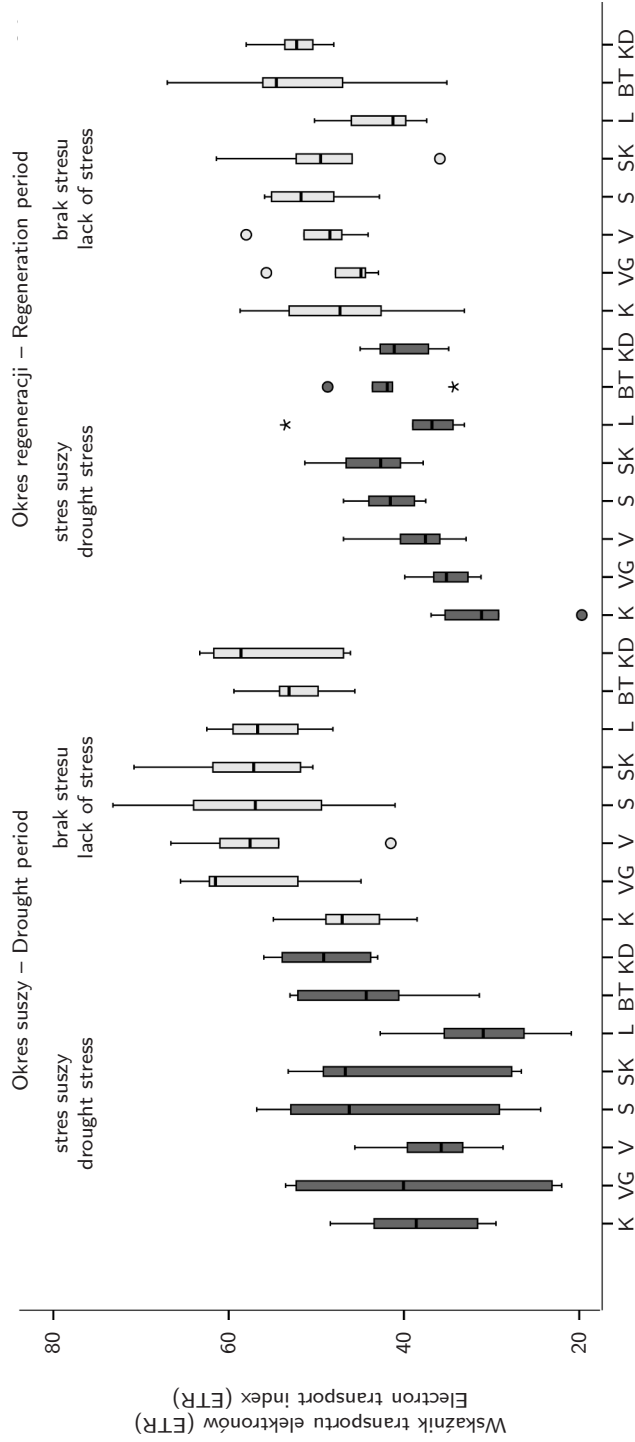
K – control, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS.

*Highly significant differences ($p < 0.01$).

^{n.s.}No statistically significant differences ($p > 0.05$).

a, b – homogenous of the groups (order ascending by the mean value of the factor) of seed treatment variant.

A, B – means groups (order ascending by the mean value of the factor) of occurrence drought stress or not.



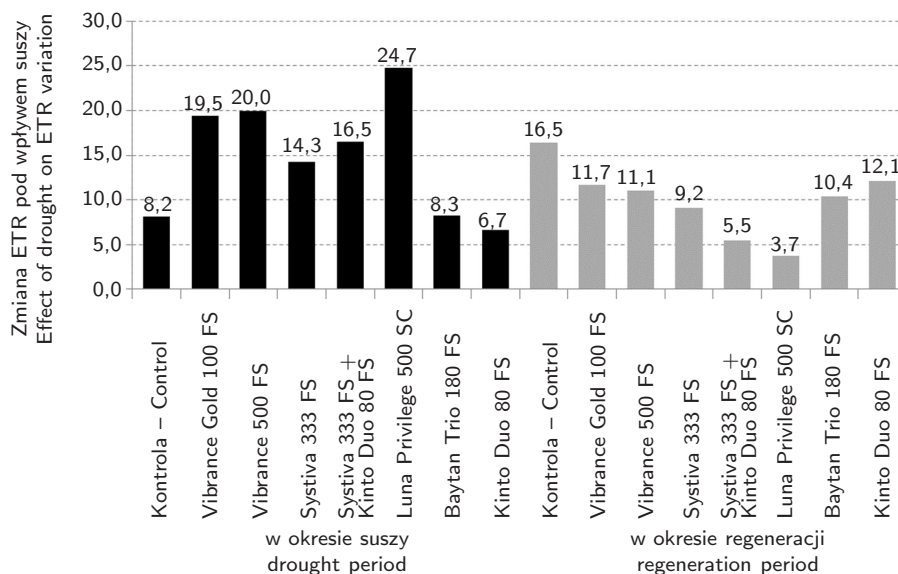
Rys. 32. Statystyka pozycyjna dla wskaźnika transportu elektronów (ETR) w okresie suszy i regeneracji: K – kontrola, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 FS, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS

Fig. 32. Position statistics of electron transport index (ETR) during drought and regeneration period: K – control, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 FS, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS

Tabela 36. Wpływ zapraw nasiennych na wskaźnik transportu elektronów (ETR) w okresie suszy i regeneracji

Table 36. Effect of seed treatments on electron transport index (ETR) level during drought and regeneration period

Zaprawa nasienna Seed treatments	Średni poziom cechy – Average level of trait			
	okres suszy drought period		okres regeneracji regeneration period	
	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress	stres suszy drought stress	brak stresu lack of stress
Kontrola – Control	38,4	46,5	30,6	47,0
Vibrance Gold 100 FS	38,5	58,0	35,1	46,8
Vibrance 500 FS	36,5	56,4	38,5	49,6
Systiva 333 FS	42,6	56,9	41,7	50,9
Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS	41,7	58,2	43,6	49,1
Luna Privilege 500 SC	31,2	55,9	38,9	42,7
Baytan Trio 180 FS	44,3	52,5	42,0	52,4
Kinto Duo 80 FS	49,2	55,9	40,3	52,4



Rys. 33. Wpływ zapraw nasiennych na zmianę wskaźnika transportu elektronów (ETR) podczas okresu suszy i regeneracji

Fig. 33. Effect of seed treatments on electron transport index (ETR) during drought and regeneration period

Tabela 37. Wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) i testu Tukeya dla ETR
Table 37. Results of two-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey test of ETR

Okres badań Experiment period	ANOVA – statystyczna istotność czynników (wartość p) ANOVA – statistical significance of factors (p value)		Wyniki testów post hoc – grupy jednorodne Post hoc test results – homogeneous groups							
Susza Drought	zaprawa seed treatments	0,094 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.							
	stres suszy drought stress	0,000*	stres suszy drought stress			brak stresu lack of stress				
			40,281 A			55,042 B				
interakcja interaction	0,113 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.								
Regeneracja Regeneration	zaprawa seed treatments	0,002*	K	L	VG	V	S	SK	KD	BT
			a	ab	ab	ab	ab	ab	ab	b
	stres suszy drought stress	0,000*	stres suszy drought stress			brak stresu lack of stress				
38,840 A			48,848 B							
interakcja interaction	0,247 ^{r.n.-n.s.}	r.n. – n.s.								

K – kontrola, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS.

*Różnice wysoce istotne ($p < 0,01$).

^{r.n.}Różnice statystycznie nieistotne ($p > 0,05$).

a, b – jednorodne grupy utworzone w wyniku porównań wielokrotnych i nieróżniące się pod względem średniego poziomu cechy z zastosowaniem poszczególnych zapraw nasiennych (uporządkowane rosnąco według średniej wartości cechy).

A, B – grupy (uporządkowane rosnąco według średniej wartości cechy) dla występowania lub niewystępowania stresu suszy.

K – control, VG – Vibrance Gold 100 FS, V – Vibrance 500 FS, S – Systiva 333 FS, SK – Systiva 333 FS + Kinto Duo 80 FS, L – Luna Privilege 500 SC, BT – Baytan Trio 180 FS, KD – Kinto Duo 80 FS.

*Highly significant differences ($p < 0.01$).

^{n.s.}No statistically significant differences ($p > 0.05$).

a, b – homogenous of the groups (order ascending by the mean value of the factor) of seed treatment variant.

A, B – means groups (order ascending by the mean value of the factor) of occurrence drought stress or not.

4 Dyskusja

Powodowane przez patogeny grzybowe choroby przenoszone z materiałem siewnym oraz glebą oddziałują na prawie wszystkie gatunki roślin uprawnych i mogą mieć duże znaczenie we wczesnym rozwoju roślin, jak również wpływać na ich końcową wydajność (Zeun i in., 2012). Fungicydy z grupy karboksamidów (SDHI), których aktywność biologiczna została oceniona w przeprowadzonych badaniach, są zaliczane do preparatów blokujących aktywność dehydrogenazy kwasu bursztynowego. Substancje aktywne klasyfikowane w grupie SDHI są pochodnymi różnorodnych związków chemicznych i zależnie od patogenu mają aktywność ochronną, translaminarną lub systemiczną. W klasyfikacji FRAC zostały przydzielone do grupy 7 i zawierają siedem podgrup chemicznych, w tym fenylobenzamidy i pirydynoetylobenzamidy oraz furano-, oksytyno-, tiazolo-, pirazolo- i pirydynokarboksyamidy (FRAC..., 2016). Wśród substancji aktywnych grupy SDHI wymienia się dostępne na rynku już od lat sześćdziesiątych XX wieku, np. karboksynę czy fenfuram, ale także związki nowo zsyntetyzowane, jak fluopyram, fluksapyroksad i sedaksan – oceniane w przeprowadzonych badaniach. Substancje SDHI są bardzo zróżnicowane strukturalnie, ale wykazują istotną cechę wspólną – wiązanie amidowe.

Fluopyram firmy Bayer (N-2-[3-chloro-5-(trifluorometylo)-2-pirydylo]etyl- α,α,α -trifluoro-o-toluamid) jest substancją o różnorodnym możliwym działaniu, należąca do podgrupy pirydynoetylobenzamidów, grupy chemicznej należącej do klasy SDHI. Wyróżnia się biologiczną aktywnością we wszystkich stadiach rozwojowych grzybów, od kiełkowania do produkcji zarodników, a zakresem aktywności obejmuje kilka patogenów należących do *Ascomycetes* i *Deuteromycetes* (Labourdette i in., 2011). W literaturze znajdujemy również informacje wskazujące, że może zwalczać nicienie, a szczególnie gatunki takie, jak *Meloidogyne incognita* i *Rotylenchulus reniformis* (Faske i Hurd, 2015). Wang i in. (2017) oceniali także aktywność fluopyramu w odniesieniu do *Fusarium virguliforme*, czynnika powodującego zamieranie w uprawie soi. Wiele izolatów *F. virguliforme* testowanych przez wymienionych autorów wykazało wrażliwość na fluopyram.

Fluksapyroksad, fungicyd SDHI drugiej generacji, jest substancją aktywną opracowaną przez BASF w 2012 roku w celu zwalczania wielu chorób grzybowych roślin. Chemicznie to kwas 3-(difluorometylo)-1-metylo-1H-pirazolo-4-karboksylowy (C-1), 3-(difluorometylo)-1H-pirazolo-4-karboksylowy (C-2) i 3-(difluorometylo)-1-metyl-1H-pirazolo-4-karboksyamid (C-7). Według EFSA (2012) szacuje się, że wymienione związki są stabilne pod względem degrada-

cji w glebie i/lub w układzie woda/osad (okresy półtrwania: ponad 151 dni). Jedną z formuł opartych na tej substancji jest BAS 700 05 F, roztwór do zaprawiania materiału siewnego. W formie zaprawy nasiennej służy do ochrony zbóż przed patogenami odnasiennymi i odglebowymi – takimi jak *Ustilago* spp., *Pyrenophora* spp., *M. nivale* i *Fusarium* spp. – oraz przed wczesnymi infekcjami liści, szczególnie w uprawie jęczmienia, powodowanymi przez *Puccinia hordei*, *P. teres*, *Rhynchosporium secalis* i *Ramularia collo-cygni* (Cavell i in., 2012).

Sedaksan, jak wskazano w literaturze, jest fungicydem o szerokim zakresie działania, obejmującym patogeny przenoszone z materiałem siewnym, np. *U. nuda*, *Tilletia caries*, *M. nivale* i *P. graminea*, a także grzyby przenoszone przez glebę: *R. solani*, *R. cerealis* i *T. incarnata*. Odkrycie tej substancji było wynikiem intensywnej syntezy chemicznej i programu badań biologicznych, które obejmowały setki analogów karboksyamidu. Sedaksan został wybrany przez firmę Syngenta do stosowania wyłącznie jako zaprawa nasenna, ponieważ łączy w sobie optymalne właściwości fizykochemiczne, duży zakres działania i doskonałą tolerancję na tę substancję aktywną. W specyficzny sposób hamuje dehydrogenazę bursztynianową – enzym, który katalizuje istotny etap w cyklu TCA i łańcuch oddechowy patogenów (Rheinheimer, 2012; Walter i in., 2003; Zeun i in., 2012).

Badania oceniające aktywność biologiczną zapraw nasiennych opartych na substancjach aktywnych z omówionej grupy inhibitorów dehydrogenazy kwasu bursztynowego (SDHI) przeprowadzono w Katedrze Agronomii, w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń (fila Brody), w sezonach wegetacyjnych 2012/13, 2013/14 i 2014/15 oraz w warunkach laboratoryjnych w Katedrze Agronomii. W trzyletnim okresie badań w uprawie jęczmienia ozimego stwierdzono wyraźną różnicę w reakcji tej rośliny na chemiczną ochronę roślin, polegającą na wykorzystaniu różnych substancji aktywnych w zaprawianiu ziarna.

Klima i in. (2014) wskazują, iż niezależnie od stosowanego w gospodarstwie systemu produkcji jednym z najniższych kosztów jest zaprawianie ziarna. Materiał siewny jest podstawowym i niezbędnym wkładem w trwały wzrost produktywności i produkcji rolnej, ponieważ 90% upraw pochodzi z nasion (Schwinn, 1994). Właściwie dobrana zaprawa nasenna pozwala na ograniczenie negatywnych skutków infekcji w początkowych fazach wzrostu roślin, co często znajduje odzwierciedlenie w plonie (Cavell i in., 2012, Sawinska, 2008). W przeprowadzonych badaniach własnych wykazano, że plon ziarna jęczmienia ozimego był zróżnicowany w latach badań i zależny zarówno od warunków meteorologicznych, jak i zaprawy nasiennej. W wyniku zastosowania preparatów zawierających w składzie substancje aktywne z grupy SDHI (fluopyram, fluksapyroksad i sedaksan) nastąpiło zwiększenie plonu ziarna jęczmienia w stosunku do obiektu kontrolnego bez zaprawy nasiennej oraz kombinacji Kinto Duo 80 FS w każdym roku badań. Podobne wyniki, prezentowane przez Cavella i in. (2012), przedstawiają dane z 26 badań. Wskazują, że stosowanie fluksapyroksadu w formie zaprawy nasiennej wpłynęło na poprawę MTZ i pozwoliło na uzyskanie wzrostu plonu ziarna jęczmienia w stosunku do obiektu, na którym wykorzystano zaprawę nasienną opartą na tritikonazolu (20 g) i prochlorazie

(60 g·l⁻¹). Martin (1985), używając środka opartego na triadimenolu i manebie, wykazał wzrost plonowania odpowiednio o 12,6% i 12,4% w stosunku do kontroli, co było częściowo związane ze zwalczaniem przez badaną zaprawę nasienną plamistości siatkowej liści jęczmienia. Wymieniony autor uzyskał istotne korelacje plonu ziarna oraz MTZ z procentowym porażeniem trzeciego i czwartego liścia jęczmienia. Porażenie liści jęczmienia ozimego, oceniane w badaniach własnych, wskazuje na największe nasilenie mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*B. graminis*) oraz plamistości siatkowej liści jęczmienia (*P. teres*) wiosną po ruszeniu wegetacji. Na obiektach z zastosowanymi preparatami Kinto Duo 80 FS, Vibrance Gold 100 FS, Vibrance 500 FS i Baytan Trio 180 FS obserwowano odpowiednio 28,8, 29,6, 28,8 i 22,1% powierzchni liści pokrytej grzybnia *B. graminis* oraz 20,0, 19,6, 17,9 i 17,1% powierzchni rośliny z objawami plamistości siatkowej. W odniesieniu do grzybów chorobotwórczych porażających łan jęczmienia istotnie większa była skuteczność zaprawy nasiennej Kinto Duo 80 FS w połączeniu z Systiva 333 FS i samej Systiva 333 FS.

Inokulum grzyba *P. teres* jest w stanie przetrwać na powierzchni zainfekowanych roślin od jednego sezonu do następnego w formie pseudotecjów, które dojrzewają i wytwarzają askospory, gdy jest chłodno i wilgoć utrzymuje się długo i trwałe przy powierzchni gruntu. Askospory są głównym źródłem inokulum. Wyrzucane w powietrze do wysokości 35 cm lub rozpryskiwane wraz z kroplami deszczu, powodują początkowe infekcje (Deadman i Cooke, 1989). Do porażenia przez askospory *P. teres* dochodzi przy wilgotności względnej 95-100% w temperaturze 10-25°C. Po początkowej penetracji tkanek, grzyb rośnie w warstwie komórek naskórka, kolonizując apoplast tkanki mezofilowej. Dlatego tak ważne jest wczesne ograniczenie infekcji tym patogenem, gdyż w temperaturze 10°C proces infekcji trwa ok. 6 h, natomiast w sprzyjających warunkach wilgotnościowych i temperaturze wynoszącej 25°C do infekcji dochodzi w ciągu godziny (Hargreaves i Keon, 1983). Formento (2002) oraz Krzyżińska i in. (2004) stwierdzili, że niektóre zaprawy nasienne mogą chronić liście zbóż przed patogenami grzybowymi od 30 dni do 120 dni w zależności od stopnia porażenia roślin i gatunku patogenu. Cavell i in. (2012) wskazują w badaniach na wysoką, 90-procentową skuteczność fluksapyroksadu w ograniczaniu *P. teres* do fazy liścia flagowego. Podobną tendencję obserwowano w przeprowadzonych badaniach własnych. Informacje zawarte w EFSA (2012) na temat profilu chemicznego tej substancji potwierdzają, iż fluksapyroksad nie tylko ogranicza choroby odnasienne, ale ma wpływ także na choroby liści jęczmienia, co potwierdzono w przeprowadzonych badaniach. Substancja zastosowana w formie zaprawy nasiennej, w połączeniu z odmianą jęczmienia dobraną odpowiednio do regionu, w sytuacji mniejszej presji chorób kłosa może się przyczynić do rezygnacji z nalistnego zabiegu fungicydowego (zwłaszcza w latach suchych, które nie sprzyjają silnemu rozwojowi chorób) lub pozwala ograniczyć fungicydowe zabiegi nalistne do jednego w całym sezonie wegetacyjnym jęczmienia ozimego.

Działanie na choroby liści zbóż wykazuje nie tylko fluksapyroksad. Jak opisuje Aladesanwa (2002), zastosowanie zaprawy nasiennej Baytan Universal 19,5 WP istotnie ograniczyło porażenie liści jęczmienia jarego przez *P. teres* we

wczesnych fazach rozwojowych. Kubiak (2005) podaje, że użycie trójskładnikowego preparatu Baytan Universal 094 FS wpłynęło na ograniczenie porażenia liści jęczmienia jarego przez *P. teres*, *B. graminis* i *R. secalis*. W przeprowadzonych badaniach własnych potwierdzono dodatni wpływ substancji aktywnych zawartych w Baytan Trio 180 FS na początkowe infekcje liści jęczmienia ozimego, ale nie było to działanie tak silne jak zaprawy Systiva 333 FS.

Gdyby nie zaprawy nasienne, następowałyby bardzo szybkie rozprzestrzenianie wielu poważnych chorób przenoszonych przez materiał siewny, co ostatecznie mogłoby doprowadzić do znacznej utraty wydajności i drastycznego pogorszenia jakości ziarna. Jeśli nie stosowanoby zabiegu zaprawiania materiału siewnego, prawdopodobnie największe straty w uprawie jęczmienia powodowałyby głównie pyłaca jęczmienia i pasiastość liści jęczmienia (Black i in., 2006; Thomas, 1974). Istnieją oczywiście metody pozwalające – poprzez ekstrakcję zarodków, hodowle na pożywkach agarowych lub z użyciem metod molekularnych – określić stan zainfekowania materiału siewnego przez *U. nuda* i *P. graminea*. Jednak progi, przy których należy podjąć decyzję o zastosowaniu zaprawy nasiennej są bardzo niskie i wynoszą dla głównej pyłacej jęczmienia maksymalnie 0,5% zainfekowanych zarodków, a dla pasiastości liści jęczmienia z wykorzystaniem metod molekularnej identyfikacji zaprawianie jest zalecane zawsze, jeśli nastąpi zidentyfikowanie DNA patogenu (Clark i Cockerill, 2011). W przeprowadzonych badaniach własnych w odniesieniu do *U. nuda* i *P. graminea* stwierdzono istotny wpływ zapraw nasiennych na procent porażonych kłosów. Najwyższy udział roślin z objawami pasiastości liści jęczmienia i głównej pyłacej jęczmienia obserwowano każdego roku na obiekcie kontrolnym oraz po zastosowaniu zaprawy opartej tylko na fluksapyroksadzie. Był on istotnie niższy niż na kontroli, jednak wyższy od pozostałych kombinacji zapraw nasiennych. Otrzymane wyniki są rozbieżne z rezultatami, które uzyskali Cavell i in. (2012). Badania przeprowadzone przez wspomnianych autorów wskazują na skuteczność rzędu 97% zarówno w stosunku do *U. nuda*, jak i *P. graminea*. Autorzy opracowania podali, że uzyskali taką skuteczność w 2009 i 2010 roku na podstawie czterech doświadczeń z *P. graminea* i sześciu doświadczeń z *U. nuda* przy stosunkowo małym nasileniu choroby, bo wynoszącym 25%. W badaniach własnych na materiale siewnym inokulowanym *U. nuda* i *P. graminea* nasilenie analizowanych chorób wynosiło ponad 50%, co skutkowało jedynie ograniczeniem ocenianych patogenów, a nie ich zwalczaniem. Można więc stwierdzić, że przy silnej presji głównej pyłacej jęczmienia i pasiastości liści jęczmienia nie ma możliwości wykorzystania do zaprawiania ziarna jedynie fluksapyroksadu. Zawsze musi on być stosowany w mieszaninie z innymi substancjami zwalczającymi *U. nuda* i *P. graminea*. Pozostałe ocenianie w doświadczeniu własnym zaprawy nasienne cechowały się prawie 100-procentową skutecznością zwalczania, zarówno głównej pyłacej jęczmienia, jak i pasiastości liści jęczmienia.

Nie istnieje etykieta rejestracyjna zapraw nasiennych stosowanych w uprawach zbożowych, w tym jęczmienia ozimego, na której nie znalazłyby się zgorzel siewek najczęściej powodowana przez kompleks grzybów *Fusarium* spp. czy *Cochliobolus sativus* (McGee, 1995) oraz pleśń śniegowa zbóż i traw (Ma-

thre, 1997). Występowanie obu chorób oceniono w przeprowadzonych doświadczeniach zarówno polowych, jak i laboratoryjnych. Badane zaprawy nasienne i panujące w danym roku warunki meteorologiczne wpływały na wielkość porażenia zarówno *M. nivale*, jak i *Fusarium* spp. W przypadku pleśni śniegowej zbóż i traw sedaksan oraz fluksapyroksad – składniki Vibrance 500 FS i Systiva 333 FS – ograniczały porażenie w niewielkim stopniu, natomiast bardzo wysoką skutecznością wyróżniały się pozostałe zaprawy nasienne. W badaniach *in vitro* w odniesieniu do *M. nivale* najsilniejsze fungistatyczne oddziaływanie stwierdzono na pożywce z udziałem triadimenolu, fluoksastrobiny i fluopyramu (Baytan Trio 180 FS). W porównaniu z obiektem kontrolnym tempo wzrostu liniowego grzybni *M. nivale* było bardzo hamowane, podobnie na pożywce zawierającej prochloraz i tritikonazol (Kinto Duo 80 FS) oraz fludioksonil, difenkonazol i sedaksan (Vibrance Gold 100 FS). Zeun i in. (2012) przedstawili wyniki badań dotyczących skuteczności sedaksanu stosowanego samodzielnie, informując, iż różniła się ona w testach polowych. Ich dane odnoszące się do zwalczania pleśni śniegowej zbóż i traw potwierdziły średnio 61-procentową skuteczność w pięciu badaniach wykonanych w Niemczech oraz Anglii. Zdaniem wymienionych autorów mieszanina dwóch substancji aktywnych o odmiennym sposobie działania takich, jak sedaksan i fludioksonil zapewnia długotrwałą ochronę przed chorobą oraz daje zrównoważone użytkowanie dzięki aktywnemu zarządzaniu opornością. Dlatego nie jest zalecane używanie pojedynczych substancji w zwalczaniu tego patogenu.

W Europie pleśń śniegowa zbóż i traw jest kluczową chorobą żyta, pszenicy i jęczmienia, przy czym częściej występuje w jęczmieniu ozimym niż w pszenicy (Dawson i Bateman, 2001). Fludioksonil, znajdujący się w Vibrance Gold 100 FS – produkcie wykorzystywanym w przeprowadzonych badaniach własnych, jest obecnie rynkowym standardem, zapewniającym wysoką skuteczność zwalczania pleśni śniegowej zbóż i traw. Jak dotąd nie stwierdzono przypadków oporności na fludioksonil *M. nivale* (Knauf-Beiter i Zeun, 2012). Jednak niedawne doniesienia mówiące o pojawieniu się opornego na strobiluryny izolatu *M. nivale* pokazują, że zarządzanie odpornością na ten patogen staje się bardzo istotne i wyklucza stosowanie pojedynczych substancji w jego zwalczaniu (Walker i in., 2009).

Źródła inokulum *Fusarium* spp. będących częścią kompleksu patogenów odpowiedzialnych za zgorzel siewek obejmują nasiona, resztki poźniwne i glebę (McGee, 1995). Grzyby rodzaju *Fusarium* spp., powodujące zgorzel siewek, infekują dowolne partie roślin, ale w miarę rozwoju choroby atakują także kolepotyl (Smiley i in., 2013). W górnych warstwach gleby występują zazwyczaj większe populacje drobnoustrojów chorobotwórczych, zwłaszcza w warunkach uprawy bezorkowej (Krupinsky i in., 2002). Zaprawy nasienne tworzą strefę ochronną wokół kiełkujących nasion i zmniejszają porażenie spowodowane przez patogeny znajdujące się w glebie, m.in. sprawców zgorzeli siewek (Galperin i in., 2003). Podobnie jak w pleśni śniegowej zbóż i traw, porażenie siewek jęczmienia ozimego przez grzyby wywołujące zgorzel siewek w przeprowadzonych badaniach zależało w sposób istotny od zaprawy nasiennej. Fluksapyroksad (Systiva

333 FS) oraz sedaksan (Vibrance 500 FS) ograniczały nasilenie choroby słabiej niż kombinacje zawierające w składzie więcej niż jedną substancję czynną. Wyniki badań własnych potwierdzają obserwacje, które przedstawili Sooväli i in. (2017), wskazując, że najlepsze wyniki w zmniejszaniu nasilenia zgorzeli siewek dało zastosowanie fludioksonilu z tebukonazolem lub protiokonazolem.

Przykładem nieco innego typu grzyba jest rodzaj *Rhizoctonia*, wykazujący ogromne zróżnicowanie w morfologii, fizjologii i patogeniczności. Do *Rhizoctonia* należą patogeny pochodzenia glebowego odpowiedzialne za uszkodzanie korzeni lub podstawy pędu. *R. cerealis* powoduje ostrą plamistość oczkową zbóż, a *R. solani* prowadzi do zamierania siewek, wywołując zgniliznę kielków i korzeni, przewężenie i zbrunatnienie szyjki korzeniowej, a na końcu przewracanie się siewek (Hamada i in., 2011; Lemańczyk, 2010). Zdaniem Lemańczyka (2010), grzyby z rodzaju *Rhizoctonia* mogą występować częściej w niektórych latach, szczególnie lokalnie. Murray (1981) stwierdził, iż na powstawanie opisanego procesu może mieć wpływ stosowanie monokultur zbożowych lub fungicydów zwalczających tylko łamliwość źdźbła zbóż i traw. Pomimo że ta grupa patogenów zwiększa szkody w uprawach zbóż, na etykietach rejestracyjnych fungicydów, w tym zapraw nasiennych, znajduje się niezmiernie rzadko. Przeprowadzone w warunkach *in vitro* badania własne wskazują, że spośród patogenicznych gatunków grzybów najbardziej wrażliwymi na testowane zaprawy nasienne były *R. cerealis* i *R. solani*. Większość z zastosowanych substancji o działaniu fungistatycznym działała hamująco na wzrost *Rhizoctonia* już od stężenia najniższego ($0,01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Każda z analizowanych koncentracji sedaksanu (Vibrance 500 FS) wpływała istotnie na ograniczenie tempa wzrostu liniowego *Rhizoctonia*. W odniesieniu do *R. solani* nie zaobserwowano wzrostu patogenu nawet w najniższym stężeniu tej substancji w pożywce $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Jedynie fluopyram zastosowany pojedynczo nie ograniczał rozwoju grzybni *R. cerealis* i *R. solani*. Uzyskane informacje są więc niezwykle interesujące dla praktyki rolniczej, wskazując dodatkowe możliwości wykorzystania testowanych zapraw nasiennych. Badania, które Goll i in. (2014) przeprowadzili na 282 próbach gleby pobranych w różnych miejscach w Europie (Niemcy, Polska, Francja, Wielka Brytania, Republika Czeska, Hiszpania, Włochy i Węgry) wskazują, że *Rhizoctonia* wykryto w 68% analizowanego materiału. W 45% próbek stwierdzono więcej niż trzy izolaty *Rhizoctonia*. Dlatego *Rhizoctonia* spp. można się spodziewać w większości europejskich gleb, zwłaszcza gdy rozwojowi grzybów tego rodzaju sprzyjają warunki klimatyczne i agrotechniczne, jak monokultura czy uprawa bezorkowa. Na podstawie tych samych badań wymienieni autorzy postawili wniosek o bardzo wysokiej skuteczności sedaksanu w ograniczaniu presji grzybów z rodzaju *Rhizoctonia*. Podobne informacje opublikowali Zeun i in. (2012), wskazując, że sedaksan oraz izopirazam ograniczały wzrost grzybni *R. solani* w najniższym z zastosowanych stężeń, a fluopyramu należało użyć w najwyższym stężeniu, aby ograniczyć rozwój patogenu.

Coraz częściej w uprawach zbóż ozimych w Polsce, zwłaszcza w jęczmieniu ozimym, pojawia się *T. incarnata* – patogen powodujący wystąpienie pałecznic zbóż i traw. W literaturze wskazywano, że pałecznic zbóż i traw jest jedną

z ważniejszych chorób zbóż ozimych, szczególnie w chłodnym klimacie półkuli północnej, a jej presja zwiększa się wraz z przedłużającą się chłodną wiosną, kiedy temperatury nie przekraczają 10°C (Chang i in., 2006; Remsburg, 1940; Smith, 1975). W obrębie rodzaju znajdujemy trzy gatunki – *T. incarnata* Lasch ex Fr., *T. ishikariensis* Imai i *T. phacorrhiza* Fries – problematyczne na całym świecie (Schneider i Seaman, 1986). Mają zdolność atakowania roślin w niskich temperaturach pod okrywą śnieżną. Zasoby węglowodanów roślin są zmniejszone podczas spoczynku zimowego, stają się one mniej odporne na choroby. Osłabiony mechanizm obronny pozwala tym psychofilnym organizmom korzystać z rośliny gospodarza, unikając konkurencji i antagonizmu innych mikroorganizmów (Bruehl i Cunfer, 1971; Gaudet i in., 1999; Nakajima i Abe, 1989). Występujące w latach prowadzenia badań chłodne wiosny sprzyjały rozwojowi *T. incarnata*. Objawy powodowane przez ten patogen obserwowano w każdym roku badań. Najwyższy procent porażonych roślin odnotowano corocznie na kontroli, a najsilniejszą presję patogenu obserwowano w 2015 roku. Kinto Duo 80 FS było zaprawą nasienną o najmniejszym wpływie na ograniczenie występowania pałecznicy zbóż i traw. Z kolei największą skutecznością działania charakteryzowały się zaprawy nasienne zawierające w składzie substancję aktywną sedaksan (Vibrance Gold 100 FS i Vibrance 500 FS). Poszerzenie doświadczeń polowych o ocenę skuteczności działania testowanych kombinacji na pożywkach metodą *in vitro* potwierdziło wyniki badań polowych. Produkt Vibrance Gold 100 FS do całkowitego zahamowania wzrostu *T. incarnata* doprowadził w stężeniu 100 µg·l⁻¹. Jak podają Chang i in. (2006), do tej pory w celu ochrony trawy darniowej przed infekcją do walki z *Typhula* spp., zwłaszcza na polach golfowych, przed spodziewanym opadem śniegu, stosowano jeden lub dwa zabiegi fungicydami nalistnymi. Jednak wskutek trudności z ponownym aplikowaniem fungicydów w zimie, ze względu na okrywą śnieżną, dawka fungicydu musiała być znacznie większa niż w wiosennych aplikacjach nalistnych. Ponadto niektóre fungicydy mogą chronić tylko przed określonymi gatunkami *Typhula* (Matsumoto, 1994; Matsumoto i in., 1995). W badaniach, które przeprowadzili Zeun i in. (2012) dowiedziono wysokiej skuteczności sedaksanu w ochronie zbóż ozimych przed pałecznicą zbóż i traw powodowaną przez *T. incarnata*. Owe informacje połączone z wynikami uzyskanymi w toku badań własnych dają nadzieję na skuteczną walkę z tym patogenem. Dotąd jednak żadna z zarejestrowanych na rynku polskim zapraw nasiennych nie ma w etykiecie informacji o zwalczaniu czy ograniczaniu pałecznicy zbóż i traw.

Interesująca dla praktyki rolniczej wydaje się wysoka skuteczność dwóch zapraw nasiennych w zwalczaniu grzyba *G. graminis*. Najsilniej na ograniczenie wzrostu *G. graminis* wpływał Baytan Trio 180 FS, który w stężeniu 10 µg·l⁻¹ całkowicie zahamował rozwój grzybni omawianego patogenu. Produkt Vibrance Gold 100 FS doprowadził do całkowitego hamowania przyrostu *G. graminis* w stężeniu 100 µg·l⁻¹. *G. graminis*, powodujący zgorzel podstawy źdźbła, jest ektotroficznym grzybem infekującym system korzeniowy i podstawę źdźbła zbóż. Wczesne porażenie prowadzi do zahamowania krzewienia siewek i ich wzrostu (Hornby, 1998; Smiley i in., 1996). Jak podano w litera-

turze, największe problemy stwarza znalezienie skutecznej substancji zwalczającej *G. graminis*, gdyż stosowane do tej pory niektóre preparaty triazolowe ograniczały jego rozwój w stopniu minimalnym i przez bardzo krótki czas (Coventry i in., 1989; Kurowski i Adamiak, 2001; Smiley i in., 1990). Amein (1989) stwierdza, że zgorzeli podstawy źdźbła nie można było zwalczyć skutecznie za pomocą metod chemicznych, ponieważ zalecane preparaty nie przemieszczały się w dostatecznej ilości do systemu korzeniowego. Dopiero wprowadzenie siltiofamu w preparacie Latitude 125 FS i zaprawy opartej na fluoquinonazolu i prochlorazie spełniło potrzeby praktyki rolniczej (Beale i in., 1998; Dawson i Bateman, 2001; Schoeny i in., 2001). Obecnie w wykazie MRiRW zapraw nasiennych w ochronie zbóż przed zgorzelą podstawy źdźbła znajduje się jedynie środek zawierający siltiofam. Przeprowadzone badania i uzyskane w nich wyniki mogą zatem być wskazówką do poszerzenia badań na ten temat, na inne zaprawy nasienne.

Doświadczenia prowadzone na wielu gatunkach roślin uprawnych wskazują na możliwość dużego zastosowania parametrów fluorescencyjnych w wykrywaniu zaburzeń metabolizmu wywołanych przez środki ochrony roślin (Habash i in., 1985). Do podobnych wniosków skłaniają uzyskane rezultaty badań własnych. Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że wartości wskaźników fluorescencji chlorofilu *a* jęczmienia ozimego takich, jak F_o , F_m , F_v/F_m , Yield (Y), ETR zależały od rodzaju zastosowanej zaprawy nasiennej. Ich użycie, zwłaszcza zapraw zawierających sedaksan i fluopyram, wpływało korzystnie na łagodzenie uszkodzeń aparatu fotosyntetycznego wynikających ze stresu suszy, który był czynnikiem badawczym doświadczenia prowadzonego w komorze wzrostu. Susza jest uważana za jeden z najważniejszych czynników środowiskowych ograniczających wzrost, metabolizm roślin oraz produktywność upraw na całym świecie (Boyer, 1982). Fotosystem II (PSII) to najważniejszy kompleks białkowo-pigmentowy w chloroplastach, który jest również najbardziej podatny na stres suszy (Baker, 2008). Demming i Bjorkman (1987) twierdzą, że maksymalna wydajność fotosyntezy występuje, gdy powierzchnia blaszki liściowej osiąga wielkości minimalne. Następnie maleje wraz z jej wzrostem. Zdaniem Parys i Ostrowskiej (1976), natężenie procesu fotosyntezy w poszczególnych fazach rozwoju roślin jest uzależnione w dużym stopniu od składu hormonalnego tkanek asymilacyjnych.

W przeprowadzonych badaniach wskaźnik maksymalnej wydajności PSII (F_v/F_m) kształtował się w przedziale od 0,74 (rośliny poddane stresowi suszy w okresie regeneracji) do 0,78 (rośliny niepoddane stresowi suszy w okresie regeneracji). Dla większości roślin wyższych parametr F_v/F_m przybiera wartości od 0,78 do 0,84 (Bjorkman i Demming, 1987). Świadczą one o braku oddziaływania na rośliny w czasie wzrostu poważniejszych czynników stresowych ograniczających funkcjonowanie PSII czy zmniejszających efektywność transportu elektronów. Najmniejsze obniżenie w okresie suszy wartości F_v/F_m – parametru fotochemicznej wydajności fotosystemu II, a w konsekwencji efektywności fotosyntezy w przeprowadzonych badaniach, odnotowano po zastosowaniu preparatu Luna Privilege 500 SC (fluopyram), a największe – na obiekcie

kontrolnym (bez zaprawy). Prawdopodobnie więc zwiększona wydajność PSII (oznaczona jako F_v/F_m) skutkowała poprawą fotosyntezy w roślinach potraktowanych SDHI. Obecnie nie znamy mechanizmów wpływania substancji z grupy SDHI na PSII i fotosyntezę. Dehydrogenaza bursztynianowa odgrywa kluczową rolę w metabolizmie mitochondrialnym, katalizowaniu utleniania bursztynianu do fumaranu oraz redukcji ubichinonu do ubichinolu, łącząc w ten sposób trikarboksylowy cykl kwasowy (TCA) oraz system transportu elektronów. W grzybach substancje z grupy SDHI specyficznie blokują miejsca wiążące ubichinon w mitochondriach w celu zakłócenia oddychania komórkowego i wytwarzania energii. Niemniej jednak w literaturze nie wyjaśniono, w jaki sposób może to wpływać na parametry fluorescencji (Avenot i Michailides, 2010).

Z analizy danych dotyczących parametru F_o , który jest pierwszym punktem krzywej indukcji chlorofilu a , wynika, że w początkowej fazie przebiegu fotosyntezy, na etapie przekazywania energii wzbudzenia z anten energetycznych do centrum reakcji PSII, odnotowano zmniejszenie ilości przekazywanej energii do PSII. Zapobiegło to dalszym uszkodzeniom mogącym nastąpić w wyniku zbyt dużej podaży energii, której roślina w wyniku stresu nie byłaby w stanie zużyć w reakcjach biochemicznych (fotoinhibicja). Największe różnice w tym parametrze zaobserwowano u roślin zaprawionych preparatami Luna Privilege 500 SC i Vibrance Gold 100 FS. Jedynie na obiektach traktowanych wymienionymi środkami nie odnotowano negatywnego wpływu wystąpienia stresu suszy. W doświadczeniu, które wykonali Ajigboye i in. (2017) stwierdzono fotoprotekcyjny wpływ sedaksanu (w badaniach własnych był składnikiem Vibrance Gold 100 FS i Vibrance 500 FS) na rośliny będące w stresie suszy poprzez preferencyjne rozdzielanie energii wzbudzenia, co finalnie zapobiegło uszkodzeniu ośrodków reakcji PSII. Zmiany na świetle wartości parametru PSII – maksymalnej wydajności fotochemicznej zostały zinterpretowane przez Bakera (1991) jako wczesne wskaźniki modyfikacji w sprawności działania PSII poprzez termiczne rozpraszanie nadmiernego wzbudzenia energii w kompleksach zbierających światło.

Na dalszym etapie reakcji fotochemicznych (całkowita redukcja akceptorów w PSII) najmniejszą efektywność odnotowano u roślin wyrosłych z ziarna niezaprawionego, a największą u roślin traktowanych preparatami Luna Privilege 500 SC, Vibrance Gold 100 FS oraz Vibrance 500 FS. Interesujące, że wyniki dotyczące wymienionych zapraw nasiennych wskazują na efektywniejszą pracę PSII w warunkach suszy w porównaniu z roślinami niestresowanymi. Poza ochroną przed stresem abiotycznym, zapewniły one roślinie wyższą wydajność reakcji fotochemicznych w stanie całkowitego wysycenia światłem, co potwierdzają w badaniach Ajigboye i in. (2017). Wspomniani autorzy wykazali, że sedaksan, stosowany jako zaprawa nasenna, wpływa na zwiększenie wydajności fotosyntezy, aktywności PSII, a także produkcję biomasy u roślin w stresie suszy. Ponadto udowodnili wpływ fungicydu na tolerancję roślin pszenicy rosnących w warunkach suszy poprzez przekierowanie reakcji metabolicznej z mechanizmu stymulującego odpowiedź obronną na mechanizm adaptacyjny. Jest to zgodne z ich poprzednimi badaniami wykazującymi podobny efekt wywie-

rany przez inną substancję SDHI – izopirazam (Ajigboye i in., 2014), który poprawiał fotosyntetyczną efektywność pszenicy wolnej od chorób w warunkach suszy.

Parametr F_v/F_m jest powszechnie stosowany do wykrywania zaburzeń wywołanych stresem w aparacie fotosyntetycznym. Zmniejszenie wartości F_v/F_m może być powodowane fotouszkodzeniami w ośrodkach reakcji PSII, które zmniejszają maksymalną efektywność kwantową PSII (Baker i Rosenqvist, 2004).

W badaniach własnych parametr F_v/F_m nie wykazał istotnych różnic u roślin zaprawianych wybranymi preparatami, ani w czasie trwania stresu suszy, ani po regeneracji. Wskazywał natomiast na istotne zmniejszenie aktywności fotosyntetycznej w czasie regeneracji roślin w wyniku wywołania stresu suszy. Najmniejsze obniżenie wartości omawianego parametru wykazano w wypadku zastosowania na roślinach środka zawierającego fluopyram – Luna Privilege 500 SC, a największy – na obiekcie kontrolnym.

Zaprawy nasienne wpływają na wiele aspektów wzrostu i rozwoju roślin. W literaturze wskazuje się na jedną z negatywnych cech triazoli, którą jest hamujący wpływ tych substancji na wzrost korzeni i siewek roślin jęczmienia. Dotyczy to zwłaszcza triadimefonu i triadimenolu (Förster i in., 1980). Opóźnienie pierwotnego wydłużania liści to drugi z objawów odnotowanych w kilku uprawach po zastosowaniu triazoli w formie zapraw nasiennych (Buchenauer i in., 1984). Odnosnie triadimenolu i tritikonazolu znajdziemy też w literaturze informację o ich redukującym oddziaływaniu na długość koleoptyli, pierwszych liści i pierwszych międzywęźli w siewkach pszenicy (Cavariani i in., 1994; Montfort i in., 1996). Triadimenol i tritikonazol to substancje, które znajdowały się także w zaprawach nasiennych testowanych w badaniach własnych. Przeprowadzona analiza średniej długości siewki (test wzrostu siewki) jęczmienia ozimego wykazała, że spośród porównywanych kombinacji długość siewki najsilniej redukowały Kinto Duo 80 FS oraz mieszanina Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS, czyli kombinacje zawierające tritikonazol, a także Baytan Trio 180 FS, który ma w składzie triadimenol. Wykorzystując tę kombinację, obserwowano także najmniejszą długość korzonka, co znalazło bezpośrednie odzwierciedlenie w najniższej wartości indeksu wigoru. Najdłuższe siewki obserwowano po wykorzystaniu kombinacji na bazie sedaksanu (Vibrance 500 FS), co może skłaniać do wniosku o zdecydowanie odmiennym od triazoli działaniu karboksamidów na siewki. Owa zależność jest również widoczna w przypadku niestosowania fluksapyroksadu i fluopyramu w mieszaninach. Görtz i in. (2008) przedstawili dane z badań prowadzonych na siewkach jęczmienia ozimego, które wskazują, że zaprawa nasienne z triazolem miała wpływ na czas i tempo wschodów, niezależnie od temperatury kiełkowania i braku lub dostępności wody w glebie. Ponadto wymienieni autorzy wskazują, że zaprawy nasienne, które zawierały triadimenol znacznie zmniejszyły długość siewki i międzywęźli oraz przyczyniły się do opóźnienia wschodów. Tłumienie wzrostu było silniejsze w optymalnych warunkach środowiska (temperatura od 17°C do 19°C, wilgotność gleby 60%). W warunkach stresowych dla wschodów jęczmienia – odpowiednio

9-10°C i 40% wilgotności gleby – nie obserwowano różnic w długości siewek. Produkt zawierający flutriafol częściowo hamował wydłużanie pędów, ale nie wpływał na gromadzenie się suchej masy i wzrost korzeni. Badając zaprawę mającą w składzie strobiluryne (fluoksastrobinę), nie wykazano znacznego wpływu na wzrost roślin i szybkość wschodów, stwierdzono jedynie nieznacznie większą długość systemu korzeniowego. Wiewióra (2003) obserwowała w badaniach różnice w zdolności kiełkowania ziarna między odmianami browarnymi a pastewnymi. Ziarno odmian browarnych z obiektu kontrolnego (do siewu użyto ziarno niezaprawiane i ziarno zaprawiane) zwykle charakteryzowało się większą zdolnością kiełkowania w porównaniu z odmianami pastewnymi. Ponadto autorka wskazuje, że średnia długość koleoptyla rozwijającego się z ziarna niezaprawionego była krótsza o 10,0 mm, a najdłuższego korzenia o 25,1 mm w porównaniu z roślinami rozwijającymi się z ziaren niezaprawianych. Sucha masa siewek była niższa o około 0,1 g. Wyniki uzyskane w badaniach własnych wskazują na podobną tendencję i pozwalają na stwierdzenie, że zaprawianie ziarna skutkowało istotnym wzrostem parametrów siewek jęczmienia ozimego w stosunku do kontroli bez zaprawy nasiennej. Natomiast rezultaty badań prowadzonych przez Sawińską i Strzelińską (2015) świadczą o hamującym wpływie zapraw nasiennych, zawierających w składzie substancje z grupy karboksamidów, na liście jęczmienia jarego w początkowym okresie wzrostu, ale stymulującym oddziaływaniu na korzenie. W badaniach autorek w początkowych fazach rozwoju jęczmienia wzrost korzeni stymulował najsilniej Vibrance Gold 100 FS, natomiast w fazie BBCH 39 stwierdzono najdłuższe korzenie po zastosowaniu mieszaniny Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS. Głębiej sięgające korzenie mogą wydobywać więcej wody, co pozwala unikać jej deficytów w krytycznych etapach wzrostu roślin i skutkuje lepszymi wskaźnikami zbiorów oraz zmniejszoną utratą wody podczas suszy (Ludlow i Muchow, 1990). Powinno nam więc zależeć na jak najlepszym początkowym wroście korzeni, a wpływa na to między innymi duża wczesna żywotność siewek. Prowadzi ona do szybszego i głębszego wzrostu korzeni w wierzchniej warstwie gleby, poprawiając w ten sposób zużycie wody i składników odżywczych oraz zmniejszając jej straty z wierzchniej warstwy gleby (Richards i in., 2001). W warstwie ornej gleby (0-30 cm) znajduje się 70% całkowitej objętości korzeni. W górnej warstwie gleb przeznaczonych na cele rolnicze występuje większość składników odżywczych (Manske i Vlek, 2002). Passioura (1982) donosi, że gęstość korzeni większa niż 0,5 cm w 1 cm³ gleby może być wystarczająca do ekstrakcji całej wody z gleby. Na podstawie badań wymieniony autor doszedł do wniosku, że w nadawaniu roślinom uprawnym odporności na suszę ważne są dwie cechy korzeni: objętość i długość. Pierwsza z nich określa stopień, w jakim korzenie mogą ekstrahować wodę. Na przykład w glebach wilgotnych jest wymagana duża gęstość korzeni (>0,5 cm³) do całkowitej ekstrakcji dostępnej wody. Natomiast drugą cechą jest podłużny opór przepływu w głównym naczyniu ksylemu i w osiach nasiennych, co może wpływać na szybkość transportowania wody do pędów przez suchą wierzchnią warstwę gleby. W czasie suszy korzenie wysyłają sygnały chemiczne do liści, zmniejszając w ten sposób transpirację oraz tempo

wzrostu i zwiększając jednocześnie efektywność zużycia wody (Reynolds i in., 2005). Sprawnie działające lub duże systemy korzeniowe przyczyniają się do adaptacji w środowiskach suchych, gdy rośliny opierają się na opadach sezonowych; ale są mniej wartościowe w środowiskach, w których wzrost plonów zależy od przechowywanej wody glebowej z powodu ryzyka wyczerpania wody w glebie podczas nalewania ziarna (Palta i in., 2011). Dlatego tak istotna jest walka o zdrowy i dobrze rozbudowany system korzeniowy we wczesnych fazach rozwoju roślin, w czym może być pomocne zaprawianie materiału siewnego. Jak wykazały przeprowadzone badania własne, stres powodowany suszą mogą ograniczać zaprawy nasienne oparte dodatkowo na substancjach z grupy SDHI.

5 Wnioski

Porównywane zaprawy nasienne różniły się istotnie pod względem wpływu na parametry wigorowe zaprawionego ziarna jęczmienia. Ziarno traktowane preparatem Baytan Trio 180 FS oraz mieszaniną Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS cechowało się mniejszą energią i zdolnością kiełkowania w porównaniu z kontrolą i obiektami z Luna Privilege 500 SC (fluopyram) oraz Vibrance 500 FS (sedaksan). W kombinacjach Baytan Trio 180 FS oraz Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS obserwowano natomiast najmniejszy udział ziaren porośniętych grzybnią i gnijących przy jednocześnie wysokim procencie ziaren zdrowych niekiełkujących oraz kiełkujących anormalnie.

Długość siewki najmniej redukowała mieszanina Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS, natomiast najdłuższe siewki obserwowano, stosując kombinację Vibrance 500 FS (sedaksan). Ziarno jęczmienia ozimego potraktowane Luna Privilege 500 SC (fluopyram) oraz pochodzące z kombinacji kontrolnej odznaczało się najwyższymi wartościami indeksu wigoru. Najniższą wartość tego parametru odnotowano, używając Baytan Trio 180 FS, który również najbardziej redukująco wpłynął na długość korzonka.

Wskazano istotny statystycznie wpływ zapraw nasiennych i lat badań na występowanie zgorzeli siewek (*Fusarium* spp.), pleśni śniegowej zbóż i traw (*M. nivale*), pałeczniczy zbóż i traw (*T. incarnata*) oraz mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*B. graminis*). Interakcja czynnika badawczego z latami badań nie została potwierdzona dla *T. incarnata* i *P. teres*.

Przeprowadzone analizy pozwoliły na wyróżnienie trzech grup skuteczności zwalczania grzybów chorobotwórczych. Pierwszą grupę stanowią Vibrance Gold 100 FS, Vibrance 500 FS i Baytan Trio 180 FS. Ograniczają one występowanie takich chorób, jak: zgorzel siewek, pleśń śniegowa zbóż i traw, głownia pyłająca jęczmienia, pasiastość liści jęczmienia oraz pałecznicza zbóż i traw, a jednocześnie nie mają wpływu na pojawianie się na liściach mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*B. graminis*) oraz plamistości siatkowej liści jęczmienia (*P. teres*). Drugą grupę tworzy jedna zaprawa nasenna – Kinto Duo 80 FS. W latach badań nie ograniczała ona występowania pałeczniczy zbóż i traw oraz mączniaka prawdziwego zbóż i traw, a także plamistości siatkowej liści jęczmienia. Trzecia grupa obejmuje kombinacje badawcze cechujące się największym wpływem na choroby odnasienne i odglebowe – Systiva 333 FS stosowana pojedynczo lub w mieszaninie z Kinto Duo 80 FS. Preparat Systiva 333 FS (fluksapyroksad) zwalczał *B. graminis* i *P. teres*. Zależności tej nie obserwowano w odniesieniu do żadnej z pozostałych kombinacji badawczych.

Spośród badanych patogenicznych gatunków grzybów najbardziej wrażliwymi na testowane fungicydy w warunkach *in vitro* były *R. cerealis* i *R. solani*.

Najsłabsze zahamowanie tempa wzrostu liniowego grzybni obserwowano w odniesieniu do patogenu *T. incarnata*.

Przeprowadzona analiza wpływu zapraw nasiennych na tempo liniowego wzrostu grzybni potwierdziła wyniki uzyskane w warunkach polowych, dodatkowo wskazując patogeny, wobec których można by prowadzić badania polowe zmierzające do określenia ich skuteczności w stosunku do *T. incarnata* oraz *G. graminis*. Najsilniej na ograniczenie wzrostu *G. graminis* wpływał Baytan Trio 180 FS. W przypadku *T. incarnata* obserwowano istotnie wolniejsze tempo wzrostu strzępek na podłożu zawierającym sedaksan (Vibrance Gold 100 FS, Vibrance 500 FS). Uzyskane wyniki mogą być wskazówką do dalszych badań mających na celu poszerzenie etykiet rejestracyjnych badanych preparatów, by wpływać na lepszy dobór zaprawy nasiennej, dostosowany do sytuacji na polu plantatora.

Zastosowanie zapraw nasiennych wpływało korzystnie na łagodzenie uszkodzeń aparatu fotosyntetycznego wynikających ze stresu suszy. Poszczególne zaprawy przyczyniły się do poprawy przebiegu fotosyntezy na różnych jej etapach. Największe różnice zaobserwowano u roślin zaprawionych preparatami Luna Privilege 500 SC i Vibrance Gold 100 FS. Po ich użyciu nie odnotowano negatywnego wpływu wystąpienia stresu suszy na rośliny jęczmienia ozimego.

Badane preparaty przyczyniły się do lepszej, a nawet całkowitej tolerancji na wywołany stres suszy. Najniższą efektywność odnotowano u roślin niezaprawionych, a najwyższą u roślin traktowanych preparatami Luna Privilege 500 SC, Vibrance Gold 100 FS oraz Vibrance 500 FS. Wydaje się interesujące, że wyniki zastosowania wymienionych produktów wskazują na efektywniejszą pracę PSII w warunkach suszy w porównaniu z roślinami niepoddanymi stresowi suszy. Poza ochroną przed stresem abiotycznym, zapewniły one roślinie wyższą wydajność reakcji fotochemicznych w stanie całkowitego wysycenia światłem bądź większą ilość chlorofilu.

Plon ziarna jęczmienia ozimego był zróżnicowany w latach badań i zależny zarówno od warunków meteorologicznych, jak i zaprawy nasiennej. W wyniku zastosowania preparatów zawierających w składzie substancje aktywne z grupy SDHI (fluopyram, fluksapyroksad i sedaksan) nastąpiło zwiększenie plonu ziarna jęczmienia w stosunku do obiektu kontrolnego, bez zaprawy nasiennej oraz kombinacji Kinto Duo 80 FS w każdym roku badań. Największe plony, MTZ, masy hektolitra i indeksu liściowego (LAI) uzyskano dla zapraw Baytan Trio 180 FS oraz mieszaniny Kinto Duo 80 FS + Systiva 333 FS.

Przeprowadzone badania wskazują na cenne dla praktyki rolniczej właściwości substancji aktywnych z grupy SDHI. W etykietach zapraw nasiennych nie znajdziemy informacji o aktywności biologicznej tych substancji aktywnych w stosunku do pałeczkiy zbóż i traw oraz zgorzeli podstawy źdźbła. Ważne wydają się również wyniki potwierdzające wpływ substancji aktywnych z grupy SDHI na parametry fizjologiczne roślin jęczmienia. Oceniane w badaniach parametry fluorescencji były silnie modyfikowane przez te substancje, do tego stopnia, że pozwoliło to zwiększyć tolerancję roślin jęczmienia na stres suszy. Zależność ta była widoczna zwłaszcza w odniesieniu do fluopyramu i sedaksanu.

6 Literatura

- Ajigboye, O. O., Murchie, E., Ray, R. V. (2014). Foliar application of isopyrazam and epoxiconazole improves photosystem II efficiency, biomass and yield in winter wheat. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 114, 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.07.003>
- Ajigboye, O. O., Lu, Ch., Murchie, E. H., Schlatter, Ch., Swart, G., Ray, R. V. (2017). Altered gene expression by sedaxane increases PSII efficiency, photosynthesis and growth and improves tolerance to drought in wheat seedlings. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 137, 49-61. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.09.008>
- Aladesanwa, R. D. (2002). The influence of selected sulfonylurea herbicides including chlorosulfuron mixtures and seed treatment with Baytan Universal on the incidence of net blotch (*Drechslera teres*) of barley (*Hordeum sativum*). *J. Agric. Sci.*, 138, 2, 177-183. <https://doi.org/10.1017/S0021859601001794>
- Aly, A. A., Latif, H. H. (2011). Differential effects of paclobutrazol on water stress alleviation through electrolyte leakage, phytohormones, reduced glutathione and lipid peroxidation in some wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) grown *in-vitro*. *Rom. Biotech. Lett.*, 16, 6, 6710-6721.
- Amein, T. (1989). Wpływ różnych czynników na porażenie korzeni i podstawy źdźbła pszenicy przez *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* i grzyby z rodzaju *Fusarium*. *Post. Nauk. Roln.*, 4, 5, 6, 29-40.
- Ammermann, E., Stierl, R., Hanke, W., Scherer, M., Ypema, G., Bardinelli, T. (2002). Nicobifen-the foundation of a new fungicide family. *Phytopathology*, 92, 4-5.
- Anderson, H. M. (1989). Effect of triadimenol seed treatment on vegetative growth in winter wheat. *Crop Res.*, 29, 29-36.
- Ansovini, G. (2009). Il momento no dei cereali colpisce duro anche l'orzo. *L'informatore Agrario*, 33, 30-32.
- Avenot, H. F., Michailides, T. J. (2007). Resistance to pyraclostrobin, boscalid and Pristine (pyraclostrobin plus boscalid) in *Alternaria alternata* isolates from California pistachio. *Phytopathology*, 97, 7, 5-7.
- Avenot, H. F., Michailides, T. J. (2010). Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. *Crop Prot.*, 29, 7, 643-651. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.02.019>
- Avenot, H. F., Morgan, D. P., Michailides, T. J. (2008). Resistance to pyraclostrobin, boscalid and multiple resistance to Pristine (pyraclostrobin + boscalid) fungicide in *Alternaria alternata* causing Alternaria late blight of pistachios in California. *Plant Pathol.*, 58, 135-140. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3059.2007.01701.x>

- Baker, N. R. (1991). A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. *Physiol. Plant.*, 81, 4, 563-570. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1991.tb05101.x>
- Baker, N. R. (2008). Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis *in vivo*. *Ann. Rev. Plant. Biol.*, 59, 891-913. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>
- Baker, N. R., Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *J. Exp. Bot.*, 55, 403, 1607-1621. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh196>
- Bardas, G. A., Veloukas, T., Koutita, O., Karaoglanidis, G. S. (2010). Multiple resistance of *Botrytis cinerea* from kiwifruit to SDHIs, Qols and fungicides of other chemical groups. *Pest. Manag. Sci.*, 66, 9, 967-973. <https://doi.org/10.1002/ps.1968>
- Beale, R. E., Phillion, D. P., Headrick, J. M., O'Reilly, P., Cox, J. (1998). MON65500: A unique fungicide for the control of take-all in wheat. W: The 1998 Brighton Conference – Pest and Diseases. Proceedings of an International Conference Held at the Brighton Centre and the Stakis Brighton Metropole Hotel, Brighton, UK, 16-19 November 1998 (s. 343-350). British Crop Protection Council.
- Bjorkman, O., Demmig, B. (1987). Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origin. *Planta*, 170, 4, 489-504. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00402983>
- Black, M., Bewley, J. D., Halmer, P. (2006). The encyclopedia of seeds. science, Technology and uses. Wallingford, UK: CABI. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm225>
- Bolhar-Nordenkamp, H. R., Öquist, G. (1993). Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. W: D. O. Hall, J. M. O. Scurlock, H. R. Bolhar-Nordenkamp, R. C. Leegood, S. P. Long (red.), Photosynthesis and production in a changing environment. A field and laboratory manual (s. 193-206). London: Chapman Hall. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-1566-7_12
- Boyer, J. S. (1982). Productivity and environment. *Science*, 218, 4571, 443-448. <https://doi.org/10.1126/science.218.4571.443>
- Brent, K. J., Hollomon, D. W. (2007). Fungicide resistance in crop pathogens: How can it be managed? FRAC Monograph No. 1, Belgia.
- Bruehl, G. W., Cunfer, B. M. (1971). Physiologic and environmental factors that affect the severity of snow mold of wheat. *Phytopathology*, 61, 792-799.
- Buchenauer, H., Kutzner, B., Kohts, T. (1984). Effect of various triazole fungicides on growth of cereal seedlings and tomato plants as well as on gibberellin contents and lipid metabolism in barley seedlings. *J. Plant Dis. Protect.*, 91, 506-524.
- Buchenauer, H., Röhner, E. (1981). Effect of triadimefon and triadimenol on growth of various plant species as well as on gibberellin content and sterol metabolism in shoots of barley seedlings. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 15, 1, 58-70. [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(81\)90034-1](https://doi.org/10.1016/0048-3575(81)90034-1)
- Cavariani, C., Velini, E. D., Bicudo, S. J., Nakagawa, J. (1994). Avaliação dos efeitos de doses de triadimenol e de tebuconazole sobre o crescimento do mesocótilo em plântulas de trigo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 29, 7, 1035-1039.

- Cavell, P., Blanchard, J., Coquiller, M., Fritz-Piou, S., Gourmelin, P., Morvan, Y., Cousin, A. (2012). BAS 700 05 F: a new innovative fungicide solution from BASF to protect seed-, soil-borne diseases and more – case study of barley protection (s. 581-588). 10 Conférence Internationale sur les Maladies des Plantes, Tours, France, 3, 4 & 5 December 2012.
- Chang, S. W., Scheef, E., Abler, R. A., Thomson, S., Johnson, P., Jung, G. (2006). Distribution of *Typhula* spp. and *Typhula ishkariensis* varieties in Wisconsin, Utah, Michigan, and Minnesota. *Phytopathology*, 96, 9, 926-933. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0926>
- Chrzanowska-Drożdż, B., Kaczmarek, K. (2007). Plonowanie odmian jęczmienia ozimego w warunkach zróżnicowanej technologii uprawy. *Fragm. Agron.*, 24, 3, 34-40.
- Clark, B., Cockerill, V. (2011). European case study on seed treatments and seed-borne disease control using seed treatments. HGCA Project Report No. 75. London: HGCA.
- Coventry, D., Brooke, H., Kollmorgen, J., Ballinger, D. (1989). Increases in wheat yield on limed soil after reduction of take-all by fungicide application and crop rotation. *Austr. J. Exp. Agricult.*, 29, 1, 85-89. <https://doi.org/10.1071/EA9890085>
- Cwojdzński, W., Majcherczak, E. (2002). Wpływ wzrastającego nawożenia azotem na produktywność i zawartość białka w ziarnie jęczmienia ozimego. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 1, 2, 33-42.
- Dawson, W. A. J. M., Bateman, G. L. (2001). Fungal communities and disease symptoms on stem bases of wheat and barley and effects of seed treatments containing Fluquinconazole and Prochloraz. *J. Phytopathol.*, 149, 11-12, 665-671. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2001.00690.x>
- Dąbrowska, B., Pokojka, H., Suchorska-Tropiło, T. (2000). *Metody laboratoryjnej oceny materiału siewnego*. Warszawa: Wyd. SGGW.
- Deadman, M. L., Cooke, B. M. (1989). An analysis of rain-mediated dispersal of *Drechslera teres* conidia in field plots of spring barley. *Ann. J. Appl. Biol.*, 115, 2, 209-214. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1989.tb03378.x>
- Deliopoulos, T., Kettlewell, P. S., Hare, M. C. (2010). Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. *Crop Prot.*, 29, 10, 1059-1075. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.011>
- Demming, B., Bjorkman, O. (1987). Comparison of the effect of excessive light on chlorophyll fluorescence (77K) and photon yield of O₂ evolution in leaves of higher plants. *Planta*, 171, 2, 171-184. <https://doi.org/10.1007/BF00391092>
- EFSA. European Food Safety Authority (2012). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fluxapyroxad (BAS 700 F). *EFSA J.*, 10, 1, 2522. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2522>
- EPPO (1997). Guidelines for the efficacy evaluation of plant protection products: *Typhula incarnata* on winter barley – PP 1/206(1). W: EPPO Standards: Guidelines for the efficacy evaluation of plant protection products. Paris: EPPO.
- EPPO (2003). Guidelines for the efficacy evaluation of plant protection products: Seed-borne cereal fungi – PP 1/19(4). W: EPPO Standards: Guidelines for the efficacy evaluation of plant protection products. Paris: EPPO.

- EPPO (2012). Guidelines for the efficacy evaluation of plant protection products: Foliar and ear diseases on cereals – PP 1/26(4). W: EPPO Standards: Guidelines for the efficacy evaluation of plant protection products. Paris: EPPO.
- FAO (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Faske, T. R., Hurd, K. (2015). Sensitivity of *meloidogyne incognita* and *rotylechulus reniformis* to fluopyram. *J. Nematol.*, 47, 4, 316-321.
- Formento, N. (2002). Eficacia de fungicidas para el tratamiento de semillas de trigo en siembra directa. *EFA Int. Paran.*, 24, 256-264.
- Förster, H., Buchenauer, H., Grossmann, F. (1980). Nebenwirkungen der systemischen Fungizide Triadimefon und Triadimenol auf Gerstenpflanzen. I. Beeinflussung von Wachstum und Ertrag. *J. Plant Dis. Protect.*, 87, 8, 473-492.
- FRAC Code List (2016). Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). Pobrano z: <http://frac.info/>.
- Friedt, W., Ordon, F. (2013). Barley production and breeding in Europe: Modern cultivars combine disease resistance, malting quality and high yield. W: G. Zhang, Ch. Li, X. Liu (red.), *Advance in barley sciences: Proceedings of 11th International Barley Genetics Symposium* (s. 389-400). http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-4682-4_33
- Galperin, M., Graf, S., Kenigsbuch, D. (2003). Seed treatment prevents vertical transmission of *Fusarium moniliforme*, making a significant contribution to disease control. *Phytoparasitica* 31, 344-352. <https://doi.org/10.1007/BF02979805>
- Gaudet, D. A., Laroche, A., Yoshida, M. (1999). Low temperature wheat – fungal interactions: A carbohydrate connection. *Physiol. Plant.*, 106, 4, 437-444. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1999.106412.x>
- Goll, M. B., Schade-Schutze, A., Swart, G., Oostendorp, O., Schott, J. J., Jaser, B., Felsenstein, F. G. (2014). Survey on the prevalence of *Rhizoctonia* spp. in European soils and determination of the baseline sensitivity towards sedaxane. *Plant Pathol.*, 63, 1, 148-154. <https://doi.org/10.1111/ppa.12063>
- Görtz, A., Oerke, E. Ch., Puhl, T., Steiner, U. (2008). Effect of environmental conditions on plant growth regulator activity of fungicidal seed treatments of barley. *J. Appl. Bot. Food Qual.*, 82, 1, 60-68. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.898.4760&rep=rep1&type=pdf>
- Guoth, A., Tari, I., Galle, A., Csiszar, J., Horvath, F., Pecsvaradi, A., ..., Erdei, L. (2009). Chlorophyll a fluorescence induction parameters of flag leaves characterize genotypes and not the drought tolerance of wheat during grain filling under water deficit. *Acta Biol. Szeged.*, 53, 1, 1-7.
- Gutteridge, R., Bateman, G., Hornby, D. (1987). Comparison of the effects of spring applications of ammonium chloride and other nitrogen fertilizers on take-all in winter wheat. *J. Agric. Sci., Camb*, 108, 567-572. <https://doi.org/10.1017/S002185960007996X>
- Habash, D., Percival, M. P., Baker, N. R. (1985). Rapid chlorophyll fluorescence technique for the study of penetration of photosynthetically active herbicides into leaf tissue. *Weed Res.*, 25, 389-395.

- Hamada, M. S., Yin, Y., Chen, H., Ma, Z. (2011). The escalating threat of *Rhizoctonia cerealis*, the causal agent of sharp eyespot in wheat. *Pest. Manag. Sci.*, 67, 11, 1411-1419. <https://doi.org/10.1002/ps.2236>
- Hargreaves, J. A., Keon, J. P. R. (1983). The binding of isolated mesophyll cells from barley leaves of hyphae of *Pyrenophora teres*. *Plant Cell Rep.*, 2, 5, 240-243. <https://doi.org/10.1007/BF00269150>
- Heydecker, W., Coolbear, P. (1977). Seed treatments for improved performance – survey and attempted prognosis. *Seed Sci. Technol.*, 5, 2, 353-426.
- Hłasko-Nasalska, A., Załuski, D., Dubis, B. (2012). Technological level and the yield of winter malting barley. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 11, 1, 27-41.
- Hornby, D. (1998). Interactions between cereal husbandry and take-all: background for newer methods of controlling the disease. W: The 1998 Brighton Conference Pests & Diseases (1, s. 67-76). British Crop Protection Council, UK.
- Hura, T., Hura, K., Grzesiak, M., Rzepka, A. (2007). Effect of long-term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in C₃ and C₄ plants. *Acta. Physiol. Plant*, 29, 2, 103-113. <http://dx.doi.org/10.1007/s11738-006-0013-2>
- Instrukcja obsługi. Fluorymetr OS5p. (2011). Szczecin: Geomor Technik.
- ISTA (2011). International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Kalaji, M. H., Guo, P. (2008). Chlorophyll fluorescence: a useful tool in barley plant breeding programs. W: A. Sanchez, S. J. Gutierrez (red.), Photochemistry research progress (s. 439-463). Nova Sci. Publ.
- Kalaji, M. H., Łoboda, T. (2009). Fluorescencja chlorofilu w badaniach stanu fizjologicznego roślin. Warszawa: Wyd. SGGW.
- Klappach, K., Gold, R., Stammler, G., Semar, M., Mehl, A., Steiger, D., ..., Fournier, F. (2014). Protocol of the discussions and use recommendations of the SDHI Working Group of the Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). Germany: Fungicide Resistance Action Committee.
- Klima, K., Łabza, T., Lepiarczyk, A. (2014). Rolnicze i ekonomiczne aspekty uprawy jęczmienia jarego w systemie konwencjonalnym i integrowanym. *Fragm. Agron.*, 31, 2, 26-33.
- Knauf-Beiter, G., Zeun, R. (2012). Chemistry, biology of fludioxonil, fenpiclonil, and quinoxifen. W: W. Kraemer, U. Schirmer, P. Jeschke, M. Witschel (red.), Modern crop protection compounds. 2nd ed. (s. 721-737). Weinheim, Germany: Wiley-VCH. <http://dx.doi.org/10.1002/9783527644179>
- Krupinsky, J. M., Bailey, K. L., McMullen, M. P., Gossen, B. D., Turkington, T. K. (2002). Managing plant disease risk in diversified cropping systems. *Agron. J.*, 94, 4, 198-209.
- Kubiak, K. (2005). Ograniczenie występowania chorób liści we wczesnych fazach rozwojowych jęczmienia. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 45, 2, 821-824.
- Kuck, K. H., Scheinpflug, H., Pontzen, R. (1995). DMI fungicides. W: H. Lyr (red.), Modern selective fungicides properties, applications, mechanisms of action (s. 259-290). New York: Gustav Fischer Verlag.

- Kuhn, P. J. (1984). Mode of action of carboximides. Symp. Ser. Br. Mycol. Soc., 9, 155-183.
- Kumar, S. (2012). Cultural approaches for plant disease management. Res. Rev. J. Agric. Sci. Technol., 1, 1, 12-21.
- Kurowski, T., Adamiak, E. (2001). Możliwość ograniczenia szkodliwego oddziaływania monokultury na zdrowotność i plonowanie pszenicy ozimej przez stosowanie fungicydów. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 41, 2, 755-757.
- Krzyżnińska, B., Mączyńska, A., Sikora, H. (2004). Zwalczanie chorób grzybowych liści za pomocą zapraw nasiennych w uprawie jęczmienia jarego. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 44, 2, 877-880.
- Labourdette, G., Lachaise, H., Rieck, H., Steiger, D. (2011). Fluopyram: efficacy and beyond on problematic diseases. W: H. W. Dehne, H. B. Deising, U. Gisi, K. H. Kuck, P. E. Russell, H. Lyr (red.), Modern fungicides and antifungal compounds VI (s. 75-80). 16th International Reinhardsbrunn Symposium. April 25-29, 2010. Friedrichroda, Germany.
- Lemańczyk, G. (2010). Occurrence of sharp eyespot in spring cereals grown in some regions of Poland. J. Plant Prot. Res., 50, 4, 505-512. <https://doi.org/10.2478/v10045-010-0084-3>
- Leszczyńska, D., Noworolnik, K. (2017). Plonowanie jęczmienia ozimego dwurzędowego w zależności od gęstości i terminu siewu. Fragm. Agron., 34, 1, 40-48.
- Ludlow, M. M., Muchow, R. C. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Adv. Agron., 43, 107-153. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60477-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60477-0)
- Łomnicki, A. (2007). Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. Warszawa: Wyd. Nauk. PWN.
- Majcherczak, E., Kozera, W., Barczak, B. (2005). Wpływ wzrastającego nawożenia azotem na jakość białka ziarna jęczmienia ozimego. Fragm. Agron., 22, 1, 493-503.
- Manske, G. G. B., Vlek, P. L. G. (2002). Root architecture – wheat as a model plant. W: Y. Waisel, A. Eshel, U. Kafkafi (red.), Plant roots: The hidden half. 3rd ed. (s. 149-259). New York, USA: Marcel Dekker.
- Martin, R. A. (1985). Disease progression and yield loss in barley associated with net blotch, as influenced by fungicide seed treatment. Can. J. Plant Pathol., 7, 1, 83-90. <https://doi.org/10.1080/07060668509501520>
- Mathre, D. E. (1997). Compendium of barley diseases. St. Paul, Minn., USA: American Phytopathological Society.
- Matsumoto, N. (1994). Ecological adaptations of low temperature plant pathogenic fungi to diverse winter climates. Can. J. Plant Pathol., 16, 3, 237-240. <https://doi.org/10.1080/07060669409500761>
- Matsumoto, N., Abe, J., Shimanuki, T. (1995). Variation within isolates of *Typhula incarnata* from localities differing in winter climate. Mycoscience, 36, 2, 155-158. <https://doi.org/10.1007/BF02268551>
- McGee, D. (1995). Epidemiological approach to disease management through seed technology. Ann. Rev. Phytopathol., 33, 445-466. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.33.090195.002305>

- McKay, A. H., Hagerty, G. C., Follas, G. B., Moore, M. S., Christie, M. S., Beresford, R. M. (2011). Succinate dehydrogenase inhibitor (SDHI) fungicide resistance prevention strategy. *New Zealand Plant Prot.*, 64, 119-124.
- Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends Plant Sci.*, 11, 1, 15-19. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.11.002>
- Montfort, F., Klepper, B. L., Smiley, R. W. (1996). Effects of two triazole seed treatments, triticonazole and triadimenol, on growth and development of wheat. *Pest. Sci.*, 46, 4, 315-322. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199604\)46:4%3C315::AID-PS369%3E3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199604)46:4%3C315::AID-PS369%3E3.0.CO;2-R)
- Munoz, P., Voltas, J., Araus, J. L., Igartua, E., Romagosa I. (1998). Changes over time in the adaptation of barley releases in north-eastern Spain. *Plant Breed.*, 117, 6, 531-535. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1998.tb02202.x>
- Murkowski, A., Mila, A. (2010). Wpływ podwyższonego stężenia CO₂ na fluorescencję chlorofilu i fotosyntezę wybranych genotypów rzepaku ozimego. *Rośl. Oleist./Oilseed Crops*, 31, 2, 283-292.
- Murray, D. I. L. (1981). *Rhizoctonia solani* causing barley stunt disorder. *T. Brit. Mycol. Soc.*, 76, 3, 383-395. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(81\)80064-2](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(81)80064-2)
- Nakajima, T., Abe, J. (1989). A method for assessing resistance to the snow molds *Typhula incarnata* and *Microdochium nivale* in winter wheat incubated at the optimum growth temperature ranges of the fungi. *Can. J. Bot.*, 68, 2, 343-346. <https://doi.org/10.1139/b90-045>
- Nasalski, Z., Sadowski, T., Stępień, A. (2004). Produkcyjne, ekonomiczne i energetyczne efektywności produkcji jęczmienia ozimego przy różnych poziomach nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3, 1, 83-90.
- Noworolnik, K. (1992). Produkcyjność odmian jęczmienia ozimego w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 183, 149-155.
- Noworolnik, K. (2007). Znaczenie terminu i gęstości siewu w uprawie jęczmienia ozimego. *Stud. Raport. IUNG-PIB*, 9, 47-54.
- Noworolnik, K. (2008). Wpływ wybranych cech jakości gleby na plonowanie pszenicy ozimej i jęczmienia ozimego. *Acta Agrophys.*, 12, 2, 477-485.
- Oktaba, W. (1972). *Metody statystyki matematycznej w doświadczalnictwie*. Warszawa: Wyd. PWN.
- Oreke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *J. Agric. Sci.*, 144, 1, 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Palta, J. A., Chen, X., Milroy, S. P., Rebetzke, G. J., Dreccer, M. F., Watt, M. (2011). Large root systems: are they useful in adapting wheat to dry environments? *Funct. Plant Biol.*, 38, 5, 347-354. <https://doi.org/10.1071/FP11031>
- Parys, E., Ostrowska, E. (1976). Działanie regulatorów wzrostu na fotosyntezę, fotoodychanie i oddychanie. Cz. 1. Fotosynteza. *Wiad. Bot.*, 20, 1, 17-37.
- Passioura, J. B. (1982). The role of root system characteristics in the drought resistance of crop plants. W: *Drought resistance in crops with emphasis on rice* (s. 71-82). Los Banos, Laguna, Philippines: International Rice Research Institute.

- PN-68/R-74017 (1968). Ziarno zbóż i nasiona strączkowe jadalne. Oznaczenie masy 1000 ziarn.
- PN-ISO 7971-2 (1998). Ziarno zbóż. Oznaczenie gęstości w stanie zsypanym, zwanej „masą hektolitra”. Metoda rutynowa.
- Prévost, B. (1807). Mémoire sur la cause immédiate de la Carie ou Charbon des Blés, et de plusieurs autres maladies des Plantes, et sur les préservatifs de la Carie. Paris, France: Chez Bernard.
- Reigosa-Roger, M. J. (2001). Handbook of plant ecophysiology techniques. Kluwer Academic Publ.
- Remsburg, R. E. (1940). Studies in the genus *Typhula*. *Mycologia*, 32, 52-96.
- Reynolds, M. P., Mujeeb-Kazi, A., Sawkins, M. (2005). Prospects for utilising plant-adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought – and salinity-prone environments. *Ann. Appl. Biol.*, 146, 2, 239-259. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.040058.x>
- Rheinheimer, J. (2012). Succinate dehydrogenase inhibitors. W: W. Kraemer, U. Schirmer, P. Jeschke, M. Witschel (red.), *Modern crop protection compounds*. 2nd ed. (s. 627-639). Weinheim, Germany: Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/9783527644179>
- Richards, R. A., Condon, A. G., Rebetzke, G. J. (2001). Traits to improve yield in dry environments. W: M. P. Reynolds, J. I. Ortiz-Monasterio, A. McNab (red.), *Application of physiology in wheat breeding* (s. 88-100). D.F., Mexico: CIM-MYT.
- Ryan, J., Singh, M., Pala, M. (2008). Long-term cereal-based rotation trials in the Mediterranean region: implications for cropping sustainability. *Adv. Agron.*, 97, 273-319. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(07\)00007-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)00007-7)
- Sawinska, Z. (2008). Wpływ zapraw nasiennych na zwalczanie chorób grzybowych liści jęczmienia jarego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 48, 2, 516-519.
- Sawinska, Z., Strzeleńska, J. (2015). Wpływ substancji z grupy karboksamidów na plonowanie i zdrowotność jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 32, 4, 73-80.
- Schneider, E. F., Seaman, W. L. (1986). *Typhula phacorrhiza* on winter wheat. *Can. J. Plant Pathol.*, 8, 3, 269-276. <https://doi.org/10.1080/07060668609501799>
- Schoeny, A., Jeuffroy, M., Lucas, P. (2001). Influence of take-all epidemics on winter wheat yield formation and yield loss. *Phytopathology*, 91, 7, 694-701. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.7.694>
- Schwinn, F. (1994). Seed treatment – a panacea for plant protection? Seed treatment: Progress and prospects. BCPC monograph no. 57. Farnham: British Crop Protection Council.
- Sierotzki, H., Scalliet, G. (2013). A review of current knowledge of resistance aspects for the next-generation succinate dehydrogenase inhibitor fungicides. *Phytopathology*, 103, 9, 880-887. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-13-0009-RVW>
- Smiley, R., Wilkins, D., Klepper, E. (1990). Impact of fungicide seed treatment on rizoctonia root rot, take-all, eyespot, and growth of winter wheat. *Plant Dis.*, 74, 10, 782-787. <https://doi.org/10.1094/PD-74-0782>

- Smiley, R., Collins, H., Rasmussen, P. (1996). Diseases of wheat in long-term agronomic experiments at 'Pendleton' Oregon. *Plant Dis.*, 80, 7, 813-820. <https://doi.org/10.1094/PD-80-0813>
- Smiley, R. W., Machado, S., Gourlie, J. A., Pritchett, L. C., Yen, G. P., Jacobsen, E. E. (2013). Influence of semiarid cropping systems on root diseases and inoculum density of soil-borne pathogens. *Plant Dis.*, 97, 4, 547-555. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-09-12-0834-RE>
- Smith, J. D. (1975). Snow molds on winter cereals in northern Saskatchewan in 1974. *Can. Plant Dis. Surv.*, 55, 3, 91-96.
- Sone, J., Bockus, W. W., Claassen, M. M. (1994). Gradients of tan spot of winter wheat from a small-area source of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Plant Dis.*, 78, 622-627.
- Sooväli, P., Koppel, M., Kangor, T. (2017). Effectiveness of seed treatment against *Fusarium* spp. and *Cochliobolus sativus* of spring barley in different conditions. *Agron. Res.*, 15, 1, 280-287.
- Stammler, G., Brix, H. D., Glattli, A., Semar, M., Schoeff, U. (2007). Biological properties of the carboxamide boscalid including recent studies on its mode of action. W: Proceedings of the XVI International Plant Protection Congress (s. 40-45). Glasgow, Scotland. Alton, UK: British Crop Protection Council.
- Strange, R. N., Scott, P. R. (2005). Plant disease: a threat to global food security. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 43, 83-116. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.113004.133839>
- Szewcow, V. M., Serkim, M. V., Fomenko, N. P. (2007). Problems of increasing winterhar dinessof winter barley in the North Caucas. *Rus. Agric. Sci.*, 33, 4, 215-281.
- Thomas, P. L. (1974). The occurrence of loose smut of barley on commercially grown cultivars possessing genes for resistance from Jet. *Can. J. Plant Sci.*, 54, 3, 453-456. <https://doi.org/10.4141/cjps74-076>
- Walker, A. S., Auclair, C., Gredt, M., Leroux, P. (2009). First occurrence of resistance to strobilurin fungicides in *Microdochium nivale* and *Microdochium majus* from French naturally infected wheat grains. *Pest. Manag. Sci.*, 65, 8, 906-915. <https://doi.org/10.1002/ps.1772>
- Walter, H., Tobler, H., Ehrenfreund, J. (2003). O-cyclopropyl-carboxanilides and their use as fungicides. WO03/074491. Pobrano z: <https://patents.google.com/patent/WO2003074491A1>
- Wang, J., Bradley, C. A., Stenzel, O., Pedersen, D. K., Reuter-Carlson, U., Chilvers, M. I. (2017). Baseline sensitivity of *Fusarium virguliforme* to fluopyram fungicide. *Plant Dis.*, 101, 4, 576-582. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-16-1250-RE>
- Wiewióra, B. (2003). Zdrowotność i inne cechy wartości siewnej ziarna oraz plon jęczmienia jarego w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej Cz. 1. Wpływ zapraw nasiennych na grzyby zasiedlające ziarno jęczmienia jarego, jego zdolność kiełkowania oraz wigor. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 228, 81-87.
- Wysocki, F. (2010). Metody taksonomiczne w rozpoznawaniu typów ekonomicznych rolnictwa i obszarów wiejskich. Poznań: Wyd. UP.
- Wysocki, F., Lira, J. (2005). Statystyka opisowa. Poznań: Wyd. UP.

- Zeun, R., Scalliet, G., Oostendorp, M. (2012). Biological activity of sedaxane – a novel broad-spectrum fungicide for seed treatment. *Pest Manag. Sci.*, 69, 4, 527-534. <https://doi.org/10.1002/ps.3405>
- Zhang, C. Q., Liu, Y. H., Ma, X. Y., Feng, Z., Ma, Z. H. (2009). Characterization of sensitivity of *Rhizoctonia solani*, causing rice sheath blight, to mepronil and boscalid. *Crop Prot.*, 28, 5, 381-386. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.12.004>