

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET
TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE
WYDZIAŁ KSZTAŁTOWANIA ŚRODOWISKA I ROLNICTWA

Dorota Piasecka

Ocena wpływu nawadniania i biostymulatorów nawozowych na wielkość, jakość i wartość technologiczną plonu ziarna jęczmienia browarnego

Assessment of the impact of irrigation and fertilizing biostimulants on the quantity, quality and technological value of malting barley grain yield

**Praca doktorska wykonana
w Katedrze Agrotechnologii
pod kierunkiem
prof. dr hab. Cezarego Podsiadło**

Szczecin 2023

*Składam serdeczne podziękowania Panu prof. dr hab. Cezaremu Podsiadło,
promotorowi mojej pracy,
za motywację, kierownictwo naukowe, wielogodzinne dyskusje,
a także za wsparcie, cierpliwość i wyrozumiałość.*

*Dziękuję również wszystkim, którzy pomogli mi w realizacji badań,
Najbliższym i Przyjaciółom,
a w szczególności mojemu Mężowi,
za wiarę we mnie i bezcenne wsparcie w chwilach zwątpienia.*

	Strona
SPIS TREŚCI	
1. WSTĘP I CEL BADAŃ.....	4
2. PRZEGLĄD LITERATURY.....	6
3. MATERIAŁY I METODY BADAŃ.....	28
3.1. Opis doświadczenia polowego.....	28
3.2. Charakterystyka czynników doświadczenia polowego.....	30
3.3. Ocena plonu, komponentów plonu i cech biometrycznych..	34
3.4. Pomiary fizjologiczne roślin.....	34
3.5. Analiza składu chemicznego gleby.....	34
3.6. Analiza składu chemicznego ziarna.....	35
3.7. Słodowanie i wartość technologiczna ziarna.....	37
3.8. Analiza statystyczna wyników.....	37
3.9. Warunki meteorologiczne w okresie 2016-2018.....	38
4. WYNIKI BADAŃ.....	43
4.1. Plon, komponenty plonu i cechy biometryczne.....	43
4.2. Analiza korelacji plonu ziarna z cechami biometrycznymi roślin.....	49
4.3. Pomiary fizjologiczne roślin.....	53
4.4. Analiza składu chemicznego gleby.....	56
4.5. Analiza chemiczna i fizykochemiczna ziarna jęczmienia jarego.....	61
4.6. Warunki słodowania i wartość parametrów technologicznych.....	72
4.7. Analiza ekonomiczno – produkcyjna.....	84
5. DYSKUSJA.....	88
6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	98
7. LITERATURA.....	101
8. SPIS TABEL, RYCIN I WYKRESÓW.....	125
8.1. Spis tabel.....	125
8.2. Spis rycin.....	128
8.3. Spis wykresów.....	128
9. STRESZCZENIE.....	129

1. WSTĘP I CEL BADAŃ

Zmiana klimatu i degradacja środowiska stanowią zagrożenie dla Europy i reszty świata. Rolnictwo stanęło przed wyzwaniem, aby przy ograniczeniach wynikających ze Wspólnej Polityki Rolnej i założeniach Zielonego Ładu utrzymać wydajność na zakładanym, wysokim poziomie.

Redukcja dawek środków ochrony roślin i nawozów przy cyklicznych brakach wody skłaniają rolników do testowania rozwiązań biotechnologicznych, które również mogą być pomocne w zachowaniu ekonomicznego aspektu produkcji.

Obecnie, coraz bardziej powszechny jest pogląd, że osiągnięcie wysokich i dobrej jakości plonów roślin uprawnych to przede wszystkim możliwość przeciwdziałania występowaniu stresom oraz naprawa uszkodzeń spowodowanych przez te stesy. Dotyczy to szczególnie krajów o średnim i wysokim poziomie technologii produkcji, gdzie dalszy, znaczący postęp w pozyskiwaniu wysokich i dobrej jakości plonów na drodze usprawnień istniejących lub nowych technologii jest niezwykle trudny do osiągnięcia (Gawrońska i Przybysz 2019).

Obserwujemy również rosnącą świadomość konsumentów, odbiorców produktów ekologicznych i wymagań związanych ze zdrową żywnością (Mucha-Leszko 2004). Stosowanie biopreparatów aminokwasowych w odżywianiu roślin może stać się rozwiązaniem wyzwań stawianych współczesnemu rolnictwu. Preparaty biostymulacyjne znane są od wielu lat, natomiast mechanizm ich działania nadal nie jest w pełni poznany (Hamza i Suggars 2001). Każdego roku producenci biostymulatorów chętnie informują o spektakularnych wynikach podnoszących plonowanie roślin. Świat nauki sklasyfikował biopreparaty, natomiast podchodzi z większym dystansem, szczególnie, jeśli chodzi o aspekt ekonomiczny.

W 2023 roku Ministerstwo Rolnictwa w wykazie środków wspomagających uprawę roślin przedstawiło 496 pozycji a liczba rejestracji z roku na rok rośnie (<https://www.gov.pl/web/rolnictwo/wykaz-nawozow-i-srodkow-wspomagajacych-uprawe-roslin>). Uznając potrzebę ustanowienia ram prawnych dla marketingu i regulacji tych produktów, Europejska Rada Przemysłu Biostymulatorów EBIC w 2012 roku zdefiniowała biostymulatory roślin, jako „zawierające substancje i/lub mikroorganizmy, których funkcja jest stosowana w przypadku, gdy rykosfera ma stymulować naturalne procesy w celu zwiększenia/wykorzystania pobierania

składników odżywczych, wydajności składników odżywczych, tolerancji na stres abiotyczny i jakości upraw” (Brown i Saa 2015).

Stosowanie bioefektorów, formalnie znanych jako biostymulatory roślin, stało się powszechną praktyką w rolnictwie i zapewnia szereg korzyści w stymulowaniu wzrostu i ochronie przed stresem (Van Oosten i in. 2017). Zdefiniowane jako jedno- lub wieloskładnikowe preparaty - ekstrakty naturalnych substancji roślin mające w swoim składzie między innymi aminokwasy i niskocząsteczkowe polipeptydy, witaminy, enzymy i hormony (auksyny, cytokininy, gibereliny), cukry, betainy, antyoksydanty, a także ekstrakty zwierzęce, które aktywizują enzymy i przemiany metaboliczne w tkankach roślinnych (Basak 2008a). Biostymulatory mogą przyczynić się do polepszenia cech jakościowych plonu w wyniku pobudzenia procesów fizjologicznych i biochemicznych w roślinach, zwłaszcza w warunkach stresowych (Rutkowska i in. 2007).

Przewidywane zmiany klimatyczne i związane z nimi wzrost zapotrzebowania na wodę przez rośliny, powinny spowodować zwiększenie powierzchni nawadnianej i wzrost zapotrzebowania na wodę do nawodnień (Łabędzki i in. 2013). Susze w ostatnich latach stają się coraz bardziej dokuczliwe a ocieplenie klimatu, pomimo przypuszczeń, że przyniesie korzystny wpływ na gospodarkę rolną, skutkuje natężeniem ekstremalnych zjawisk pogodowych. Możliwe zwiększenie deficytów wody w rolnictwie w wyniku zmian klimatu może utrwalić obecne trendy rozwoju nawodnień. Znaczenie nawodnień w polskim rolnictwie powinno wzrastać wraz z intensyfikacją rolnictwa i negatywnymi skutkami zmian klimatu (Łabędzki 2009). Mimo aktualnego regresu i ograniczeń wynikających z niekorzystnych uwarunkowań ekonomicznych i wielkości źródeł wody, nawadnianie roślin w Polsce, jako jeden z elementów gospodarowania wodą w rolnictwie, wydaje się rozwiązaniem przyszłościowym. Do czynników przyspieszających rozwój nawodnień, obok podnoszenia wydajności produkcji roślinnej i zapewnienia stabilnych plonów dobrej jakości, zaliczyć można potrzebę wzrostu nowoczesności i konkurencyjności rolnictwa oraz przewidywane zmiany klimatyczne (Rzekanowski i in. 2011).

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu biostymulatorów, aminokwasowego Terra-Sorb Complex oraz użyźniającego preparatu glebowego Black Star, na wielkość i jakość plonu oraz wartość browarnianą ziarna jęczmienia jarego, uprawianego w warunkach nawadniania.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

W gospodarce światowej i krajowej zboża są surowcem strategicznym (Jaśkiewicz i Sułek 2017). W rolnictwie polskim zboża stanowią około 70-75% zasiewów (Gąsiorowska i in. 2011). Powierzchnia upraw jęczmienia na świecie wynosi około 70 milionów hektarów co stanowi około 8% światowej powierzchni upraw zbóż (Pecio 2002). W Rosji i łącznie w krajach Unii Europejskiej jęczmień zajmuje co piąty hektar uprawianej powierzchni gruntów ornych (Klepacki i in. 2001). Według danych z Rocznika Statystycznego Rolnictwa z roku 2022, w Polsce, w 2021 roku jęczmień został zasiany na powierzchni 0,7 milionów hektarów (GUS 2022).

Jęczmień należy do najstarszych zbóż, które człowiek zaczął wykorzystywać, jako pożywienie, miało to miejsce 15 tysięcy lat temu. Dzisiaj rola jęczmienia, jako zboża konsumpcyjnego powoli wraca do poziomu sprzed lat, bowiem obok owsa, zaczyna zyskiwać na znaczeniu, jako zboże szeroko stosowane w żywieniu człowieka, nie tylko zdrowego, ale również, jako zboże profilaktyczne z uwagi na jego walory fizjologiczno-żywnieniowe (Kawka i Gąsiorowski 2000, Liszewski 2008).

Obok zużycia na cele konsumpcyjne jest ono stosowane na szeroką skalę w żywieniu zwierząt. Na cele paszowe można uprawiać wszystkie odmiany zarówno pastewne, jak i browarne. Dla celów browarnych zastosowanie mają tylko odmiany browarne, dwurzędowe, przy czym im wyższa jest ich wartość browarna, tym większa szansa uzyskania, w danym sezonie wegetacyjnym ziarna o wymaganych cechach technologicznych (Liszewski i in. 2011). Aktualnie w Krajowym Rejestrze znajduje się 84 odmiany jęczmienia jarego, w tym 23 odmian typu browarnego (https://coboru.gov.pl/pl/kr/kr_odm?kodgatunku=JEZJ).

Jęczmień nadal jest niezastąpionym surowcem do produkcji słodu oraz w produkcji gorzelniczej, cukierniczej, fermentacyjnej, farmaceutycznej (Behnke i in. 1995, Behnke i in. 1996, Kawka i in. 1999, Harasym i Pieciun 2010, Liszewski i in. 2011, Pal i in. 2019). W piśmiennictwie znajdziemy niezliczone publikacje potwierdzające zbawienne działanie surowców browarniczych. Od kąpieeli zdrowotnych, walki z chorobami skóry i różnymi alergenami (Bamforth 2002). Jak podaje raport Nielsena w roku 2021 Polacy kupili 30,1 milionów hektolitrów piwa za sumę 17,8 milionów złotych (<https://www.browary-polskie.pl/wp-content/uploads/2022/03/Rynek-piwa-w-Polsce-2021-rok.pdf>).

Wzrost częstotliwości występowania suszy w Europie jest głównym efektem prognozowanych na XXI wiek zmian klimatycznych (Olesen i Bindi 2002, Lehner i in. 2006, Ziarnicka-Wojtaszek i in. 2015). W Unii Europejskiej szacuje się, że brak działań zmniejszających negatywny wpływ pogody na inwestycje i biznes będą kosztować europejską gospodarkę w perspektywie do 2020 roku 100 miliardów euro rocznie, a do 2050 roku kwota ta może wzrosnąć do 250 miliardów euro rocznie (Michalak 2016).

Polska leży w strefie klimatu przejściowego, umiarkowanego, ale coraz częściej przy niedostatecznych opadach atmosferycznych, na jej obszarze występuje zmniejszenie wilgotności gleby (Kaca i in. 2011), co doprowadza do powstawania zjawiska suszy glebowej. Powoduje ona redukcję procesów ewapotranspiracji roślin, którą opisuje się w ilościowym ujęciu wskaźnika suszy rolniczej CDI – Crop Drought Index (Łabędzki i Bąk 2004, Łabędzki i Bąk 2011, Łabędzki i Kanecka-Geszke 2015). Zjawisko to ma charakter anomalii atmosferycznych wywoływanych okresem bezopadowym (Łabędzki 2004). Powtarzające się opady są mniejsze od średnich. Stan ten ma nieokreśloną częstotliwość, czas trwania i nasilenie, jest niemożliwy do przewidzenia, powoduje stałe zmniejszanie zasobów wodnych i obniżenie zdolności adaptacyjnej ekosystemów (Łabędzki 2009). W naszych warunkach klimatycznych, zjawisko to, jest trudno przewidywalne i nieregularne, a skutki jego występowania są poważnym problemem ekonomicznym (Łabędzki 2006, Łabędzki 2009, Nevo i Chen 2010, Kaca i in. 2011, Kuchar i Iwański 2011, Kundzewicz i Kozyra 2011, Mizak i in. 2011, Łabędzki i in. 2013).

Łabędzki (2004) podaje, że mimo nieprzewidywalności i nieregularności występowania suszy, można zaobserwować pewne prawidłowości statystyczne dotyczące częstości, okresów występowania i czasu trwania. Pojawiają się one średnio jeden raz na trzy lata, przy czym obserwuje się ciągi lat z niedoborem opadu wywołującym susze i następujące po nich ciągi lat z nadmiarem opadu lub z opadem zbliżonym do średniego (Łabędzki i Kanecka-Geszke 2015). Prowadzone są próby przewidywania częstości występowania tego zjawiska oraz poszukuje się możliwości przeciwdziałania skutkom jego występowania w rolnictwie (Żarski i in. 2005, Kuchar i Iwański 2011).

Według Tredera i in. (2010) zwiększenie efektywności wykorzystania wody do nawadniania wymaga wprowadzenia do praktyki precyzyjnych metod wyznaczania potrzeb wodnych roślin. Termin nawadniania roślin może być wyznaczany na podstawie kryteriów roślinnych (Michelakis i in. 1993, Jones 2005), glebowych (Dzieżyc 1989,

Mualem i in. 1990, Ruitter i Brooking 1996, Treder i in. 2010) lub klimatycznych (Doorenbos i Pruitt 1977, Trybała i Chylińska 1996, Sentelhas i in. 2010, Gąsiorowska i in. 2011).

Kryterium klimatyczne jest oparte na założeniach, że zużycie wody przez rośliny jest determinowane głównie przebiegiem pogody i fazą rozwojową roślin (Atlin i in. 2017, Liszewski i Szybiga 2002, Rodriguez i in. 2008, Błażewicz i in. 2011, Kozłowska i Liszewski 2013, Łabędzki 2016).

W Polsce ponad połowę terenów rolniczych stanowią gleby piaszczyste, należące do kompleksów żytnych. Charakteryzują się one bardzo małą lub małą zawartością próchnicy, koloidów mineralnych i składników pokarmowych (Stypczyńska i Dziamski 2008). Na glebach bardzo lekkich i lekkich posiadających przepuszczalne podłoże, deszczowanie stanowi podstawowy czynnik plonotwórczy, decydujący o rozmiarze produkcji i cechach jakościowych pozyskiwanych surowców roślinnych (Żarski i Dudek 2005, Żarski i in. 2005, Noworolnik 2007). Zużycie wody, jak i jej produktywność wyrażona przyrostem suchej masy jest ściśle uzależniona od warunków wilgotnościowych gleby (Oracka i Trzecki 1986a, Samarah 2005).

Zdaniem Kaniszewskiego (1986) zrównoważona pojemność wodna gleb oraz różna ilość wody wyparowanej przez poszczególne typy gleb decyduje o częstotliwości nawodnień oraz o sezonowych normach nawodnień dla poszczególnych upraw. W glebach o małej pojemności wodnej sezonowa norma nawadniania jest wyższa w stosunku do gleb ciężkich o dużej pojemności wodnej. Potwierdzona została również prawidłowość polegająca na tym, że na glebach lekkich reakcja na nawadnianie jest większa. Metoda Drupki uzależnia rozdeszczowanie kolejnych dawek polewowych na daną roślinę od zapasu tzw. wody łatwo dostępnej w strefie korzeniowej gleby, obliczanego na podstawie teoretycznych współczynników zużycia dobowego tej wody przez roślinę (Manteuffel 1989).

Efektywność wykorzystania wody (WUE) jest często uważana za ważny wyznacznik plonów w warunkach stresu, a nawet, jako wskaźnik odporności upraw na suszę. Używano go do sugerowania, że produkcja roślin nawadnianych może zostać zwiększona na jednostkę zużytej wody, co skutkuje „więcej plonów na kroplę”. Dopóki biochemii fotosyntezy nie można poprawić genetycznie, większa genotypowa wydajność transpiracji (TE) i efektywność wykorzystania wody są napędzane głównie przez cechy roślin, które zmniejszają transpirację i zużycie wody przez rośliny, procesy te mają kluczowe znaczenie dla produkcji roślinnej. Ponieważ produkcja biomasy jest

ściśle powiązana z transpiracją, hodowla w celu maksymalizacji wychwytywania wilgoci w glebie w celu zwiększenia transpiracji jest najważniejszym celem poprawy plonów w warunkach stresu suszy. Efektywne wykorzystanie wody (EUW) oznacza maksymalne wychwytywanie wilgoci w glebie, co wiąże się również ze zmniejszoną transpiracją poza szparkową i minimalną utratą wody w wyniku parowania gleby. EUW poprzez poprawę stanu wody roślinnej pomaga utrzymać przegrody asymilacyjne i sukces reprodukcyjny. Stwierdzono, że EUW jest głównym celem poprawy wydajności w środowiskach o ograniczonej ilości wody. Nie jest przypadkiem, że EUW jest odwrotnym akronimem WUE, ponieważ bardzo często wysokie WUE osiąga się kosztem zmniejszonego EUW (Blum 2009).

Ewapotranspiracja referencyjna (ET₀) określa zdolność atmosfery do wywołania parowania wody z powierzchni pokrytej roślinami niezależnie od ich rodzaju i poziomu uwilgotnienia gleby. Czynniki wpływające na wysokość ET₀ to warunki meteorologiczne: radiacja słoneczna, temperatura powietrza, niedosyt wilgotności powietrza i prędkość wiatru (Sentelhas i in. 2010). Obecnie na całym świecie jako jedno z głównych kryterium prognozowania nawodnień przyjmowane są dane meteorologiczne, na podstawie których jest obliczana ewapotranspiracja (Doorenbos i Pruitt 1977, Allen i in. 1989).

Potrzeby wodne określonych gatunków roślin (ewapotranspiracja wskaźnikowa – ET_w) ogrodniczych i rolniczych określane są za pomocą przemnożenia wartości ewapotranspiracji potencjalnej lub referencyjnej przez specyficzny dla określonego gatunku roślin i jego fazy rozwojowej współczynnik k (Allen i Scaloppi 1993, Grabarczyk i in. 1992) według formuły: $ET_w = k \cdot ET_0$ (Treder i in. 2010). Jamieson i in. (1995a) stwierdzili, iż późna susza występująca przed kwitnieniem (do zapełnienia w połowie ziarna) do dojrzałości pełnej powoduje nieodwracalny spadek transpiracji jęczmienia. Widocznym efektem tego zjawiska jest szybsze starzeniem się liści (Jamieson i in. 1995b). Stres wodny zmniejsza również zawartość chlorofilu w kłóskach, zwłaszcza w późniejszych fazach rozwoju ziarna.

Jęczmień charakteryzuje się dużą zdolnością adaptacji do różnych warunków środowiskowych (Liszewski 2008, Liszewski i in. 2011) oraz wysoką odpornością na suszę (Epstein i in. 1980). Plon ziarna wzrasta wraz z wzrastającym opadem lub nawadnianiem (López-Bellido i in. 2001, Chmura i in. 2009). Szereg badaczy podkreślając istotną rolę czynników ekonomicznych w kształtowaniu wielkości

produkcji, wskazują zarazem na potrzebę optymalizacji technik uprawy i potrzeb wodnych wybranych roślin uprawnych (Dzieżyc 1988, Moreno i in. 2003).

Jak podaje Chmura i in. (2009) potrzeby opadowe jęczmienia jarego w okresie wiosenno-letniej wegetacji, kształtują się na poziomie 300-360 mm. Według innych autorów dla jęczmienia jarego uprawianego na glebach lekkich w okresie od kwietnia do lipca wynoszą 250-310 mm (Dzieżyc 1973, Panek 1989). Dzieżyc (1989) przedstawia pogląd Hohendorfa według, którego największe zapotrzebowanie na wodę występuje w maju, a według pozostałych autorów w czerwcu lub czerwcu i lipcu (Pecio i in. 2000, Żarski i Dudek 2005, Żarski i in. 2005, Żarski i in. 2011a, Żarski i in. 2011b). Jęczmień jary ma spośród zbóż najkrótszy okres wegetacji. Jest jednak bardzo wrażliwy na okresowe, nawet krótkotrwałe niedobory lub nadmiary wody, szczególnie od fazy strzelania w źdźbło, do końca dojrzałości mleczej (Żarski i in. 2011a). Za okres szczególnie krytyczny w gospodarce wodnej uważana jest faza kłoszenia (Aspinall i in. 1964, Aspinall 1965, Wells i Dubetz 1966, Dzieżyc 1989, Samarah 2005.). Stres suszy przyspiesza starzenie się liści, skraca okres napełniania ziarna, zmniejsza ilość i masę jednostkową ziarna jęczmienia (Jamieson i in. 1995a, Jamieson i in. 1995b, González i in. 1999, Voltas i in. 1999, Sánchez-Díaz i in. 2002). De Ruiter i Brooking (1996) wykazali, że wysoki plon i dobrą jakość ziarna można osiągnąć, gdy wzrost ziarna nie jest ograniczony przez stres wodny. Optymalną ilość opadów (w mm) dla wybranych gatunków roślin podano w tabeli 1.

Tabela 1. Optymalna ilość opadów (w mm) dla wybranych gatunków roślin*

Gatunek roślin	Miesiąc					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Jęczmień jary	40	50	75	75	-	-
Pszenica jara	45	65	75	65	-	-
Kukurydza	-	50	60	70	65	50
Burak cukrowy	15	65	74	85	78	54
Trwałe użytki zielone	50	70	90	100	80	60

*na lżejszych glebach większe o 20%, na ciężkich mniejsze o 20% (Dzieżyc 1989)

Aspinall i in. (1964) potwierdzają tezę, że narząd, który rośnie najszybciej w czasie stresu, jest najbardziej dotknięty efektem suszy. Na liczbę ziaren w kłosie duży wpływ ma stres występujący przed zakwitnięciem, efekt prawdopodobnie związany z procesem inicjacji kłosek. Autorzy wykazali również, że na wielkość ziarna największy wpływ ma stres w fazie kwitnienia i krótko po nim. Wydłużenie

międzywęźli zostało zmniejszone głównie przez stres w momencie lub tuż przed kłóseniem, a mniejszy wpływ miał na nie stres wcześniejszy lub późniejszy.

W warunkach klimatycznych Polski nawadnianie ma charakter interwencyjny, co oznacza, że uzupełnia ono okresowe niedobory opadów w nieregularnie występujących okresach posusznych, zwłaszcza w środkowej i nizinnej części kraju określanej, jako obszar szczególnie deficytowy w wodę dla celów rolniczych (Łabędzki i in. 2004, Łabędzki 2009, Żarski i in. 2009, Żarski 2011).

Zdaniem Łabędzkiego i in. (2013) polskie rolnictwo staje przed wyzwaniem wzrostu ryzyka produkcji spowodowanego zmianami klimatycznymi, objawiającymi się zmianami rozkładu opadów, temperatury, częstości pojawiania się ekstremalnych zjawisk pogodowych oraz ograniczeniami w dostępności zasobów wodnych i glebowych. Przytacza on prace Alcamo i in. (2007) oraz Randalla i in. (2007), w których autorzy przewidują, iż pod koniec wieku XXI nastąpi wzrost temperatury powietrza, w skali globalnej, o około 4 °C. W Polsce należy się spodziewać wzrostu temperatury o około 2-4 °C. Większość scenariuszy dla Polski nie przewiduje wzrostu sumy opadów w ciągu roku. Można natomiast spodziewać się wzrostu opadów zimowych, a zmniejszenia opadów letnich. Spowoduje to nadmierne uwilgotnienia gleby w okresie wczesnowiosennym i potrzebę odprowadzenia tej wody przez systemy drenarskie oraz przesuszenie gleb w okresie letnim i potrzebę jej nawadniania (Łabędzki 2009, Łabędzki i in. 2013). Według Rocznika Statystycznego z 2020 roku nawodnionych zostało 70705 hektarów, z czego deszczowanych było zaledwie 12% (file:///C:/Users/dorot/Downloads/rocznik_statystyczny_rzeczypospolitej_polskiej_2020_korekta_30.09.2021%20(1).pdf).

Jak podaje Łabędzki (2009) w wyniku zmian ustrojowych i ekonomicznych powierzchnia ta sukcesywnie zmniejsza się od początku lat 90 ubiegłego wieku. Zdaniem Żarskiego i in. (2000), pomimo wysokiej efektywności nawadniania, w Polsce zabieg ten nie rozwinął się na szeroką skalę. Ocenia się, że do roku 2025 nawodnienia powinny objąć w Polsce powierzchnię około 1 miliona hektarów i być lokalizowane głównie na lżejszych glebach Krainy Wielkich Dolin. Ich rozwój mógłby być stymulowany przez odpowiednią politykę kredytową państwa (Rzekanowski i in. 2011).

Przy uprawie zbóż należy, oprócz aspektów agrotechnicznych, uwzględniać czynnik ekonomiczny. W tym celu wykonuje się kalkulacje, m.in. kosztów, opłacalności produkcji, czy skutków zmian przeprowadzonych w organizacji gospodarstw (Krasowicz 1997, Gruszka 2003, Gruszka 2004, Liszewski i in. 2015). Uwarunkowania

ekonomiczne i infrastruktura techniczna rolnictwa w Polsce wciąż stanowi istotny czynnik ograniczający opłacalność nawadniania, większości upraw polowych, z wyjątkiem upraw warzywniczych i sadowniczych (Rzekanowski 2000, Wojtasik 2004, Łabędzki 2009, Jankowiak i Bieńkowski 2011).

Odmienne poglądy przedstawiają między innymi Źarski (1993a), Borówcak i in. (1998), Borówcaka i Rębarz (2008), Nieróbca i in. (2008), Borówcak i Rębarz (2010) i Leszczyńska i in. (2010), którzy wykazali, że koszt związany z uzupełnieniem wody do wartości optymalnej dla produkcji jęczmienia jarego jest ekonomicznie uzasadniony.

Źarski (2009) stwierdza, że nawadnianie prowadzi do przeciętnych bezwzględnych przyrostów plonów ziarna jęczmienia browarnego rzędu 0,50–1,00 t·ha⁻¹. Stwierdza ponadto, iż pod względem kształtowania wskaźników produkcyjnych i jakościowych, wprowadzenie deszczowania do technologii uprawy jęczmienia browarnego jest zabiegiem bardzo celowym. Grabarczyk i Źarski (1986 i 1991) podają, że w przypadku zbóż jarych pod wpływem deszczowania plon ziarna zwiększył się przeciętnie o 100 – 150 % w porównaniu z danymi z obiektów niedeszczowanych.

Nawadnianie jest jednym z głównych czynników, stosowanych szczególnie na glebach piaszczystych, który umożliwia intensyfikację nawożenia i struktury zasiewów oraz wpływa na zwiększenie poziomu i stabilność plonu (Panek 1976, Źarski 1993a, Źarski 1993b, Döll 2002). Przyrost plonu dla większości roślin waha się w granicach 20-40% (Dzieżyc i Dzieżycowa 1986). Według Karczmarczyka i in. (1999), wzrost plonu ziarna w poszczególnych latach możliwy jest nawet o około 90 % w zależności od gatunku zboża.

Zdaniem Kuchara i Iwańskiego (2011) o przyszłości nawodnień zadecyduje bilans ekonomiczny gospodarstwa. Grabarczyk i Źarski (1986) przedstawiają ekonomię deszczowania roślin, jako zmienną zależną między innymi od sterowania nawadnianiem, rozumianym, jako podejmowanie decyzji - prowadzić czy przerwać deszczowanie w danym dniu.

Według Michalak (2016) szacuje się, że dla Unii Europejskiej, jako całości minimalne koszty nieprzystosowania się do zmiany klimatu wyniosą rocznie od 100 miliardów EUR w 2020 roku do 250 miliardów EUR w roku 2050. W ostatnim czasie powstają liczne programy wsparcia w celu modernizacji gospodarstw rolnych w obszarze nawadniania, co daje nadzieję na poprawę sytuacji w tym temacie. W praktyce rolniczej ewentualne stosowanie deszczowania w uprawie jakościowych odmian jęczmienia browarnego zależeć będzie przede wszystkim od efektywności

ekonomicznej przedsięwzięcia, kształtowanej przez wartość plonu (cenę dobrej jakości surowca) oraz od uwarunkowań infrastrukturalnych, w tym głównie dostępności źródeł wody do nawodnień (Żarski i in. 2011b, Żarski i in. 2013a, Żarski i in. 2013c).

W grupie roślin zbożowych występuje dodatnia korelacja między nawożeniem azotem a wielkością i jakością plonu (Wyszyński i in. 2002, Noworolnik i in. 2009). Azot wpływa na zwiększenie rozkrzewienia produkcyjnego roślin i jest ważnym czynnikiem plonotwórczym (Koziała i in. 1998, Petkova 1989). Wyjątek stanowi jęczmień browarny, którego jakość uwarunkowana jest niską zawartością białka w ziarnie (9-11%). Warunki wilgotnościowe mogą modyfikować przebieg wzrostu, plonowanie roślin oraz skład chemiczny ziarna jęczmienia browarnego. Łan roślin jęczmienia jarego browarnego w sezonie wegetacyjnym, z małą ilością opadów, charakteryzuje się obniżoną fotosyntezą, mniejszą powierzchnią liści, liczbą kłosów na metr kwadratowy oraz liczbą ziaren w kłosie i w efekcie niższym plonem ziarna. Ponadto rośliny oszczędniej gospodarują wodą i w znacznie większym stopniu zawiązują wyraźnie mniejszą liczbę wytworzonych ziaren.

Qureshi i Neibling (2009) stwierdzili ekonomiczne korzyści z nawadniania jęczmienia browarnego stosowanego w początkowej fazie dojrzałości młeczej. Natomiast według Hersego (1980) gdy zabieg wykonano przy suchej pogodzie, 2-4 tygodnie po wschodach oraz w okresie kłoszenia (faza krytyczna). Zdaniem Dzieżyca (1989) w okresie kiełkowania i wschodów jęczmień jest bardzo wrażliwy na bodźce zewnętrzne. Jeśli jest sucho roślina nabywa odporności na suszę i w późniejszym czasie oszczędniej gospodaruje wodą. Występowanie niedoborów opadów nie jest charakterystyczne tylko dla lat suchych i średnich, również w okresach wegetacji zaliczonych do mokrych występują deficyty wody (Przybyła i Kozaczyk 1996).

Zboża ozime, w tym pszenica i żyto, wykazują słabszą reakcję na ilość opadów niż zboża jare. Jednak niedostatek wody w fazie strzelania w źdźbło, kłoszenia i wypełniania ziarna może znacząco obniżyć wielkość plonów (Rudnicki i in. 1996).

Dla większości badaczy celowość stosowania deszczowni nie budzi wątpliwości, gdyż już małe, zastosowane w odpowiednich terminach dawki wody zapewniają przyrosty plonów, sięgające od kilkunastu do kilkudziesięciu procent (Przybyła i Kozaczyk 1996).

Kledzik i in. (2015) w przeprowadzonej analizie efektywności ekonomicznej nawadniania jęczmienia browarnego, uznali wykonywanie zabiegu deszczowania za niezasadne ekonomicznie, niezależnie od wielkości plantacji. Podobne wyniki

przedstawił Rzekanowski i in. (2011). Innego zdania są Jamieson i in. (1995a), którzy wykazali, iż na polach nienawadnianych jęczmień wytworzył do 41% drobnych lub pustych nasion w porównaniu do obiektów nawadnianych, które podczas zbioru kombajnem zostałyby utracone. Jest to utrata plonów rzędu 6-7,5 % w ciągu tygodnia w okresie letnim.

Panek (1989) zwraca uwagę na fakt, iż lepsze wypełnienie ziarna wskutek nawadniania powoduje spadek zawartości białka, a także udziału plewek w plonie, co zwiększa przydatność do celów browarnianych.

W badaniach Dziamskiego i Stypczyńskiej (2009) wykazano, że deszczowanie zwiększa efektywność nawożenia azotem. Oba te zabiegi mogą wpłynąć nie tylko na zwiększenie plonów ziarna, ale również przyczynić się do intensywniejszego wzrostu części nadziemnej i podziemnej rośliny. Rejda (1987) badał reakcja jęczmienia na zróżnicowane nawożenie mineralne w warunkach deszczowania. Okazało się, że była o 41 do 52% wyższa w doświadczeniu w porównaniu do obiektów bez deszczowania. Dziamski i Stypczyńska (2009) stwierdzają jednoznacznie, że produkcja zbóż jarych jest mocno powiązana z zasobnością wody w glebie i możliwością jej kumulacji. W warunkach deszczowania największą efektywność nawożenia azotem stwierdzono po zastosowaniu o połowę niższych dawek.

O pozytywnym wpływie deszczowania i nawożenia na plonowanie roślin zbożowych donoszą liczne prace autorów polskich: Biskupski i in. (1976), Dzieżyc i Buniak (1976), Kuszelewski i Łabętowicz (1976), Panek (1976), Krężel (1979), Bieszczad i Piotrowski (1992), Dzieżyc i Nowak (1992), Zbieć i in. (1996), Pecio (2002), Podsiadło i in. (2002), Gruszka (2003), Gruszka (2004), Pecio (2005), Tobiasz-Salach i in. (2006), Panasiewicz i Koziera (2007), Liszewski (2008), Stypczyńska i Dziamski (2008), Leszczyńska i Noworolnik (2010), Tkaczyk i in. (2010), Błażewicz i in. (2011), Rzekanowski i in. (2011), Liszewski i in. (2012), Żarski i in. (2013a), Żarski i in. (2013c), Rokosz i Podsiadło (2015), Lemańczyk i Lisiecki (2015), Poterańska i in. (2015), Szmigiel i in. (2016), Murawska i in. (2017), Rombel-Bryzek i Pisarek (2017) oraz zagranicznych Sosulski i in. (1963), Tallberg i Eggum (1986), Smith i Gyles (1988), Beathgen i in. (1995), Segura i in. (1999), Moreno i in. (2003), Walens (2003), Thompson i in. (2004), Halvorson i Reule. (2007), Mollah i Paul (2007), Albrizio i in. (2008), Qureshi i Neibling (2009), El-Bassiouny i in. (2014).

Zdaniem Dudka i in. (2011) zastosowanie nawożenia azotowego, niezależnie od deszczowania, przyczyniło się do istotnego obniżenia poziomu wyrównania ziarna

testowanych odmian jęczmienia. Wraz ze wzrostem dawki nawozu azotowego następuje spadek wyrównania ziarna w uprawach nienawadnianych nawet o 19,5% (odmiana 'Mauritia') i 28,4% (odmiana 'Marthe'), natomiast z upraw nawadnianych odpowiednio o 11,5% i 19%. Majcherczak i in. (2003) prześledzili wpływ intensywnego nawożenia azotem na zawartość aminokwasów w białku ogólnym ziarna jęczmienia ozimego. Wykazali, że wzrostowi zawartości białka ogólnego na skutek nawożenia azotowego w wysokości 120 kg N ·ha⁻¹ towarzyszy spadek zawartości w białku większości aminokwasów. Wyjątek stanowią fenyloalanina, prolina i seryna, których poziom ulega nieznacznym zmianom, oraz kwas glutaminowy, którego udział znacznie wzrósł.

Karczmarczyk i in. (1996) analizując plon i skład białka owsa, stwierdzili, że deszczowanie spowodowało wzrost zawartości lizyny, treoniny, kwasu glutaminowego i leucyny, a wyraźne zmniejszenie proliny. Interesujące jest, że w ziarnie odmiany Rumak (o niższych plonach), stwierdzono o 40% więcej aminokwasów niż u odmiany Boruta, która wydała istotnie wyższe plony. Pod wpływem większych dawek nawożenia mineralnego uzyskano wzrost zawartości azotu ogólnego przy jednoczesnym spadku zawartości aminokwasów.

Majcherczak i in. (2003), Liszewski i in. (2011), Żarski i in. (2013) stwierdzają, że optymalny poziom nawożenia azotem deszczowanych upraw jęczmienia browarnego, pod względem wielkości plonu użytecznego ziarna oraz cech jakościowych, powinien wynosić do 35-40 kg ·ha⁻¹. Zwiększenie nawożenia do poziomu 60 i 90 kg ·ha⁻¹ nie powodowało, bowiem wzrostu masy ziarna, natomiast zdecydowanie pogarszało jego jakość.

Również De Ruitter i Brooking (1994) wykazali, że w celu osiągnięcia wysokiej, jakości ziarna należy wykonywać zabiegi dolistne przedłużające zieloność liścia. Do podobnych wniosków doszli również: Oracka i Trzecki (1986b), Koszański i in. (1995), Sztuder i Świerczewska. (2004), Koszański i in. (2005), Rutkowska i in. (2007), Hřivna (2010), Szmigiel i in. (2016), Trawczyński (2017).

Zatem azot nie tylko dodatnio wpływa na rozkrzewienie produkcyjne roślin, lecz czysto także na liczbę ziaren w kłosie, co jest dodatkowo ważnym czynnikiem plonotwórczym. Jednak zbyt wysokie dawki nawożenia azotem wpływają na zmniejszenie liczby ziaren w kłosie, ponieważ wzrost krzewienia produkcyjnego powoduje konieczność odżywienia przez rośliny większej ilości ziarniaków (Liszewski 2008). Pogarsza się równocześnie celność ziarna, czyli zmniejszeniu ulega udział frakcji ziaren dorodnych (Błażewicz i Liszewski 2003). Nawożenie azotem wpływa na wzrost

masy ziarna z kłosa, jeśli w okresie wegetacji występują niedobory wody. Gdy opady w tym czasie są obfite i równomiernie rozłożone, uzyskuje się większą liczbę kłosów na 1 m², a jednocześnie mniejszą masę ziarna z kłosa (Fatyga i in. 1995).

Nawożenie dolistne mikroelementami warunkuje prawidłowy przebieg procesów biochemicznych w roślinie. Jest on szczególnie ważny w intensywnej uprawie zbóż. W naszym kraju jego znaczenie również rośnie. Reakcja roślin na nawadnianie dolistne zależy nie tylko od gatunku i odmiany, ale również od fazy fenologicznej rośliny, stanu fizjologicznego i środowiska, w którym rośliny rosną. Zrozumienie tych zależności jest kluczem do optymalizacji skuteczności i powtarzalności działania nawozów dolistnych (Wojtkowiak i Stępień 2015). Niedobór tych składników na glebach o właściwym pH i w warunkach prawidłowego nawożenia NPK może limitować wielkość plonu (Sztuder i Świerczewska 2002, Dari i in. 2009, Ghanbari 2014, Kocoń i Jadczyński 2015).

Za zasadnością stosowania dolistnego nawożenia roślin przemawia szybkie, efektywne pobieranie składników, z czym wiąże się małe zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego oraz względy ekonomiczne wskutek łącznej aplikacji z nawożeniem azotowym i środkami ochrony roślin (Kus i in. 2007, Szewczuk i Sugier 2009, Żuk-Gołaszewska i in. 2010). Grzebisz i in. (2010) informują, że makro- i mikroelementy mają duże znaczenie w zwiększaniu odporności zbóż na porażenie patogenami liści, kłosów, podstawy źdźbła i korzeni (Sztuder i Świerczewska 2004, Piskier 2006, Cwalina-Ambroziak i in. 2015). Barczak i Nowak (2008) wykazali, że największy wpływ na wielkość plonu ziarna jęczmienia jarego oddziaływało połączenie miedzi i cynku oraz manganu i cynku.

Zmiany klimatyczne i związane z nimi coraz bardziej ekstremalne warunki pogodowe, którym towarzyszą różnorodne czynniki stresujące dla roślin są głównym katalizatorem zmian w podejściu do technologii produkcji plonu (Aerts i Droogers 2004, Alcamo i in. 2007, Bosch i Dave 2007, IPCC 2007). Poszukując alternatywnych rozwiązań świat nauki i praktyków skierował swoją uwagę na preparaty biologiczne (Łabędzki 2009, Kuchar i Iwański 2011, Łabędzki i in. 2013, Calvo i in. 2014, Harper i in. 2015, Michalak 2016).

Zdaniem Serafin-Andrzejewskiej i Kozak (2018) tego typu preparaty coraz częściej stają się standardowymi elementami technologii produkcji wielu gatunków upraw polowych, ekonomicznym wyznacznikiem celowości aplikacji biostymulatorów dla rolników, producentów, u różnych gatunków roślin, jest wzrost udziału nasion w

stosunku do puli całkowitego plonu zebranego w ramach tradycyjnej technologii uprawy pozbawionej działania tej grupy preparatów.

Na I Światowym Kongresie Stosowania Biostymulatorów w Rolnictwie ISHS Acta Horticulturae zorganizowanym we Francji przedstawiono kilka czynników środowiskowych niekorzystnie wpływających na wzrost, rozwój i plon roślin, przy czym stres temperaturowy jest jedną z najbardziej ograniczających zmiennych. Mechanizmy aklimatyzacji termicznej roślin obejmują akumulację kompatybilnych substancji rozpuszczonych, bogatych w azot, takich jak aminokwasy, które nadają tolerancję na stres, ponieważ działają jako osmolity (regulują transport jonów i otwieranie aparatów szparkowych), mają działanie chroniące enzymy i wpływają na ekspresję genów i homeostazę redoks (<https://www.actahort.org/books/1009/>).

Zgodnie z Ustawą o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 roku, stymulatorem wzrostu jest związek organiczny lub mineralny lub jego mieszaniny, wpływające korzystnie na rozwój roślin lub inne procesy życiowe roślin, z wyłączeniem regulatora wzrostu będącego środkiem ochrony roślin w rozumieniu przepisów o ochronie roślin (Dz. U. 2023. 569). Jako te ostatnie rozumie się środki wpływające na procesy życiowe roślin, na przykład poprzez substancje działające regulująco na roślinę, inne niż substancje odżywcze. W świetle przepisów polskiej Ustawy o Ochronie roślin, "środki, które oddziałują na procesy życiowe roślin w inny sposób niż składnik pokarmowy, w tym regulator wzrostu" zaliczane są do środków ochrony roślin, w grupie regulatory rozwoju roślin. Ponieważ działanie fitohormonów, bioregulatorów i innych grup substancji czynnych w ostatecznym rachunku wpływa na stymulację rozwoju roślin i ich produktywności, często dla całej tej grupy używa się określenia biostymulatory, zwłaszcza w potocznym rozumieniu.

Wykaz środków wspomagających uprawę roślin, które można wprowadzać do obrotu na podstawie pozwoleń ministra właściwego do spraw rolnictwa, o których jest mowa zawarte są w art. 4 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. 2023. 569). Aktem prawnym regulującym dopuszczanie biostymulatorów do obrotu i stosowania w Polsce jest ustawa z dnia 18 grudnia 2003 r. o ochronie roślin, (Dz. U. 2004 Nr 11 poz. 94). Ustawa zalicza biostymulatory do środków ochrony roślin, w art 2. p. 14 podaje następującą definicję: środki ochrony roślin substancje aktywne lub preparaty zawierające jedno lub więcej substancji aktywnych, w postaci dostarczonej użytkownikowi, przeznaczone do wpływania na procesy życiowe roślin w inny sposób niż składnik pokarmowy.

Niestety, ani na szczeblu Unii Europejskiej, ani w przepisach krajowych wciąż nie ma uregulowań prawnych dotyczących tego zagadnienia. Nieustannie trwają dyskusje na ten temat oraz prace związane ze stworzeniem oficjalnie obowiązującej definicji (Basak 2008a, Pruszyński 2008, Matyjaszczyk i in. 2008, Matyjaszczyk 2015, Kozak i in. 2016). Ze względu na przepisy prawne: Ustawę z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin i Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. w sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin (Dz. U. 2013 poz. 455, Dz. U. 2013 poz. 505)) producenci rolni zobligowani zostali do poszukiwania alternatywnych metod ochrony i stymulacji roślin.

Amerykańskie Stowarzyszenie Urzędników Kontroli Żywności Roślin (AAPFCO) w 2014 roku zgodziło się rozszerzyć definicję istniejącej kategorii „korzystnych substancji” o biostymulatory. Substancje korzystne są zdefiniowane, jako „każda substancja lub związek inny niż podstawowe, drugorzędowe i mikroroślinne składniki odżywcze, które można wykazać w badaniach naukowych, jako korzystne dla jednego lub więcej gatunków roślin, gdy są stosowane egzogenicznie”. Początkowe podkategorie zaproponowane przez tzw. Koalicję Biostymulantów to: antyoksydanty, materiały aminokwasowe, biomolekuły/biomolekularne, ekstrakty enzymatyczne, materiały z kwasów fulwowych, materiały z kwasów humusowych, inokulanty mikrobiologiczne, mikrobiologiczne zmiany gleby, grzyby mikoryzowe, PGPR, fitohormony, materiały z ekstraktów z wodorostów morskich (Budzyński i in. 2008, Du Jardin 2015).

W 2019 roku w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie odbyła się konferencja poświęcona biostymulatorom, do tych związków zaliczone zostały związki pochodzenia naturalnego, które mają za zadanie pozytywnie wpływać na procesy życiowe roślin. Ta ingerencja realizowana jest na każdym z poziomów organizacji biologicznej poprzez organy, tkanki, komórki, procesy fizjologiczne i biochemiczne, czyli zmiany w metabolizmie, aż po zmiany na poziomie molekularnym dotyczące ekspresji genów (<https://agronews.com.pl/artukul/biostymulatory-pod-lupa-naukowcow/>).

Biostymulacja może zaspokajać potrzeby nowoczesnej i wysoko wyspecjalizowanej produkcji roślinnej nastawionej na maksymalizację plonów o dobrej jakości. Najlepsze efekty w stosowaniu biopreparatów przynosi wielokrotne użycie ich w różnych fazach wzrostu roślin (Sikorska i in. 2018). To zazwyczaj podnosi koszt

produkcji. Nie zawsze uzyskana zwyżka plonów zrekompensuje poniesiony nakład (Maciejewski i in. 2007, Kozak i in. 2008, Kałużewicz i in. 2018).

Stosowanie biopreparatów aminokwasowych w celu odżywiania roślin może stać się rozwiązaniem dla wyzwań stawianych współczesnemu rolnictwu, bez obniżania plonów i ich jakości (Hamza i Suggars 2001, Calvo i in. 2014, Serafin-Andrzejewska i Kozak 2018). Cele te można osiągnąć poprzez programy hodowlane, ale powinny one być specyficzne dla gatunku. Identyfikacja cząsteczek organicznych zdolnych do aktywacji metabolizmu roślin może pozwolić na poprawę wydajności roślin w krótkim czasie i niższym kosztem. Biostymulatory to ekstrakty roślinne, które zawierają szeroką gamę związków bioaktywnych, w większości wciąż nieznanymi. Produkty te są zwykle w stanie poprawić efektywność wykorzystania składników odżywczych przez roślinę i zwiększyć tolerancję na stesy biotyczne i abiotyczne (Karolewski 1996, Gawrońska 2008, Matysiak 2010, Gąsiorowska i in. 2011, Sharma i in. 2014, Trawczyński 2014, Bulgari i in. 2015, Gugala i in. 2017, Gawrońska i Przybysz 2019).

Zdaniem Matysiaka (2010) i Michalskiego (2008), działanie stresu na roślinę, w pierwszej kolejności przejawia się spadkiem aktywności fotosyntetycznej rośliny. Następuje zmniejszenie powierzchni liści, szybszy rozpad barwników fotosyntetycznych, zakłócona jest czynność aparatów szparkowych i zachodzą niekorzystne zmiany w intensywności wymiany gazowej. Dodatkowo występują zaburzenia w równowadze hormonalnej – wzrost aktywności kwasu abscysynowego i spadek aktywności auksyn i cytokinin. Rośliny szczególnie negatywnie reagują na stres abiotyczny, a więc wszelkiego rodzaju niekorzystne dla ich wzrostu i rozwoju czynniki płynące ze środowiska. Takim rodzajem stresu jest np. długotrwała susza, zasolenie gleby, czy brak składników odżywczych. Do czynników stresu abiotycznego zalicza się również herbicydy, fungicydy, insektycydy itd. (tab. 2.). Szacuje się, że w wyniku działania czynnika stresu abiotycznego, plon roślin uprawnych może być nawet kilkanaście razy mniejszy od plonu uzyskanego z roślin poddanych działaniu, również niekorzystnych dla rozwoju rośliny, stresów biotycznych (Wenda-Piesik i in. 2017).

Tabela 2. Straty plonu roślin uprawnych wywołane działaniem stresu biotycznego i abiotycznego (Matysiak 2010)

Roślina uprawna	Straty plonu spowodowane stresem biotycznym (chwasty, choroby, szkodniki, nicień, wirusy, bakterie)	Straty plonu spowodowane stresem abiotycznym (niedobór/nadmiar wody, przymrozki, wysoka/niska temperatura, zasolenie)
Pszenica	5%	82%
Jęczmień	7%	75%
Kukurydza	10%	86%
Ziemniak	19%	54%
Burak cukrowy	14%	51%

Kaufman i in. (2007) podjęli się próby podsumowania, czym są biostymulatory, wprowadzając następującą ich klasyfikację: „Biostymulanty są dostępne w różnych formach użytkowych o różnych składnikach, ale generalnie są klasyfikowane w trzech głównych grupach na podstawie ich źródła i zawartości. Grupy te obejmują substancje humusowe (HS), produkty zawierające hormony (HCP) oraz produkty zawierające aminokwasy (AACP), takie jak ekstrakty z wodorostów morskich, zawierają możliwe do zidentyfikowania ilości substancji aktywnych dla wzrostu roślin, takich jak auksyny, cytokininy lub ich pochodne”.

Brown i Saa (2015) wskazują na potrzebę lepszego zrozumienia funkcji biostymulatorów, aby można było poprawić skuteczność działania i zoptymalizować procesy przemysłowe do ich produkcji. Ustalenie funkcji tej klasy produktów okazało się jednak niezmiernie trudne (Carvalhais i in. 2010). Wynika to w dużej mierze z różnorodności źródeł tych materiałów i złożoności powstałego produktu, który w większości przypadków będzie zawierał znaczną liczbę słabo scharakteryzowanych cząsteczek (Xu i Geelen 2018).

Ponieważ biostymulatory pochodzą z niezwykle zróżnicowanego zestawu materiałów biologicznych i nieorganicznych (Calvo i in. 2014), w tym fermentacji mikrobiologicznej surowca zwierzęcego lub roślinnego (Rutkowska i in. 2007), żywych kultur drobnoustrojów (Higa 1998, Sulewska i in. 2005, Piskier 2006, Suarez i in. 2015, Mahmouda i in. 2020), makro- i mikroalg (Reitz i Trumble 1996, Sultana i in. 2005, Thevanathan i in. 2005, Maciejewski i in. 2007, Michalski 2008, Craigie 2010), hydrolizatu białkowego (Colla i in. 2015a), substancji humusowych i fulwowych (Yigit i Dikilitaş 1997, Tejda i Gonzales 2003, Sarir i in. 2005, Arancon i in. 2006, Ferrara i in.

2007, Trawczyński i in. 2007, Katkat i in. 2009, Huculak-Mączka i in. 2010, Matysiak 2010, El-Bassiouny i in. 2014, Rombel-Bryzek i Pisarek 2017), kompostów i obornika (Wang i in. 2005), żywności i odpadów przemysłowych przygotowane przy użyciu szeroko rozbieżnych przemysłowych procesów produkcyjnych, nielogiczne jest, zatem zakładanie, że istnieje jeden sposób działania biostymulatorów (Brown i Saa 2015).

Zdaniem Słowińskiego (2004) stosowanie tego typu substancji jest uzasadnione w momencie, w którym producenci rolni dążą do uzyskania wyższych plonów o lepszej jakości, aniżeli gwarantują to tradycyjnie stosowane metody agrotechniczne (prawidłowa uprawa roli, zmianowanie, nawożenie czy stosowanie środków ochrony roślin).

Podstawą działania biostymulatorów jest ich wpływ na metabolizm rośliny (Basak 2008b, Malarz i in. 2008, Matysiak 2010, Kocira i in. 2015). Stymulują one syntezę hormonów (Stirk i in. 2009, Yokoya i in. 2010), usprawniają i aktywizują pobieranie przez rośliny składników pokarmowych (Kierzek i in. 2013, Trawczyński 2014), pobudzają wzrost korzeni (Khan i in. 2009, Sikorska i in. 2018) czy zwiększają wytrzymałość roślin na niekorzystne czynniki środowiskowe, np. mróz, susza (Mancuso i in. 2006, Cambri i in. 2008, Chouliaras i in. 2009) a także zanieczyszczenie metalami ciężkimi (Bosak 2013, Tóth 2011).

Inokulacja lub zastosowanie ekstraktów z alg lub innych roślin ma korzystny wpływ na wzrost i adaptację do stresu. Ekstrakty z alg, hydrolizaty białkowe, kwasy humusowe i fulwowe oraz inne mieszanki mają właściwości wykraczające poza podstawowe odżywianie, często zwiększając tolerancję na stres (Tuhy i in. 2013). Niepatogenne bakterie zdolne do kolonizacji korzeni i ryzosfery mają również szereg pozytywnych efektów. Efekty te obejmują wyższą wydajność, zwiększone pobieranie i wykorzystanie składników odżywczych, zwiększoną aktywność fotosyntetyczną oraz odporność na stresy biotyczne i abiotyczne (Van Oosten i in. 2017). El-Bassiouny i in. (2014) wykazali, że roślina traktowana kwasem humusowym lub nikotynamidem znacząco zwiększyła wszystkie cechy morfologiczne (wysokość rośliny, liczba liści, świeża i sucha masa pędów), metabolizm (barwniki asymilacyjne, całkowity cukier rozpuszczalny, węglowodany ogółem, aminokwasy i prolina), zawartości składników mineralnych (N, P, K, Ca i Mg) oraz wielkość plonów (ziarno, słoma) obu odmian uzupełnionych, zalecanymi lub o połowę obniżonymi dawkami NPK.

Biostymulatory pobudzają roślinę do wzrostu, rozwoju i regeneracji, a ich efekty widać już kilka dni po zastosowaniu. Dostrzeżone różnice dotyczą wyglądu i wigoru

roślin, a także efektywniejszej regeneracji uszkodzeń zimowych i bujniejszego wzrostu wiosną. Prowadzi to do wyższej liczby masy tysiąca nasion (Sztuder i Świerczewska 2004, Kozak i in. 2008, Kozak i in. 2016, Kodłubański 2019).

Pozytywny wpływ biostymulatora na rozwój wegetatywny roślin rzepaku ozimego lub jarego odnotowano w odniesieniu do wysokości roślin (Malarz i in. 2008) oraz liczby rozgałęzień bocznych (Słowiński 2004, Budzyński i in. 2008, Jarosz 2008, Malarz i in. 2008). Ponadto opryskiwany biostymulatorem rzepak odznaczał się większą liczbą łuszczyń na roślinie oraz liczbą nasion w 1 łuszczyńce (Słowiński 2004, Budzyński i in. 2008, Jarosz 2008, Malarz i in. 2008) a także masą 1000 nasion (Słowiński 2004), co znalazło następnie odzwierciedlenie w wyższym plonie nasion (Dubis i in. 2012, Dubis i in. 2015). Z kolei Harasimowicz-Hermann i Borowska (2006) zwracają uwagę, że pozytywny wpływ biostymulatora w uprawie rzepaku ozimego, wyrażający się zwiększeniem liczby rozgałęzień bocznych, łuszczyń, nasion w 1 łuszczyńce, a co jest z tym powiązane także plonu nasion, ujawniał się jedynie w sezonie wegetacyjnym, w którym wystąpiły niekorzystne warunki pogodowe w fazie pąkowania i wykształcania nasion.

Zdaniem Sochy (2008) biostymulator powoduje, że rośliny mogą używać więcej substancji magazynowanych w komórkach, co obniża zawartość azotanów w roślinach. Obniżenie ich poziomu byłoby kluczowe w produkcji jęczmienia browarnego. Dodatkowo zwiększa intensywność asymilacji, co pozytywnie wpływa na przepływ komórek osocza oraz ułatwia regenerację roślin po narażeniu na niekorzystne warunki, takie jak: zimno, brak światła lub długotrwałe okresy suszy. Sprawia, że masa nasion zwiększa się, a zastosowanie na początku kwitnienia wpływa na plon nasion oraz biosyntezę ligniny. Stosowanie biostymulatorów jest skuteczne, gdy rośliny uprawiane są w niekorzystnych warunkach (Harasimowicz-Herman i Borowska 2006, Budzyński i Dubis 2008, Mystkowska 2018). Biostymulator zastosowany w czasie, gdy rośliny są jeszcze zdrowe, powinien zmienić metabolizm, w taki sposób, aby stały się one silniejsze i odporniejsze na działanie suszy, spadku temperatur czy wystąpienie patogenu (Czeczko i Mikos-Bielak 2004). Według Sawickiej i Krochmal-Marczak (2009) oraz Kołodziejczyka (2014a i 2014b) nawożenie dolistne stanowi zabieg interwencyjny i przypisuje mu się rolę zapobiegania obniżenia plonów roślin uprawnych.

Křováček i in. (2010) stwierdza, że aplikacja biostymulatora aminokwasowego w fazie BBCH 22 nie wpłynęła na zwiększenie plonu jęczmienia jarego, nie

zaobserwowano, w porównaniu z kontrolą, poprawy cech morfologicznych i struktury plonu badanej rośliny, natomiast stwierdzono wzrost masy tysiąca nasion od 0,5 g do 3,3 g. Najwyższe procentowe zwiększenie plonu ziarna (+6,1%) jęczmienia uzyskano po aplikacji biostymulatora Sunagreen, zmieniając czas aplikacji na bardzo wczesną fazę krzewienia. Zawartość białka surowego i tłuszczu surowego w ziarnie jęczmienia jarego nie była istotnie modyfikowana przez stosowanie biostymulatora i zależała jedynie od przebiegu pogody w latach badań.

Innymi substancjami organicznymi, wykazującymi istotny wpływ na wzrost i rozwój roślin uprawnych są substancje huminowe, do których zaliczają się kwasy huminowe i kwasy fulwowe, będące głównymi składnikami masy organicznej w glebie. Posiadają one pośredni lub bezpośredni wpływ na rośliny uprawne. Ich pośredni wpływ na rośliny, dotyczy poprawy właściwości środowiska glebowego. Wpływ bezpośredni, uzyskiwany w następstwie pobierania substancji huminowych do wnętrza rośliny, dotyczy ich działania na procesy biochemiczne zachodzące w roślinie. Ostatnie badania wskazują, iż działanie substancji huminowych na rośliny, przejawia się zwiększeniem siły kiełkowania nasion, wzrostem siewek, tworzeniem masy korzeniowej, rozwojem pędów i zwiększeniem pobierania makro- i mikroelementów z gleby (Katkat i in. 2009).

Podsumowując, należy stwierdzić, iż zboża, uwzględniając ich ogromne znaczenie gospodarcze, są jedną z grup roślin szczególnie narażonych na utratę plonu, stąd stosowanie preparatów stymulujących w ich uprawie jest ekonomicznie uzasadnione.

Jednym z podstawowych surowców do produkcji piwa, oprócz wody i drożdży, jest sład piwowski (Harasym i Pieciun 2010). Sład piwowski to ziarno zboża poddane procesowi moczenia, a następnie kiełkowania i suszenia. Głównym celem wspomnianych procesów jest tworzenie lub/i uaktywnienie znajdujących się we wnętrzu ziarna enzymów, pełniących funkcję katalizatorów reakcji rozkładu złożonych związków chemicznych w trakcie zacierania oraz utrwalenie tak zmienionego ziarna (Lewis i Young 2001). Kwas giberelinowy i substancje giberelinopochodne znajdujące się w tarczce zarodkowej ziarna przechodzą do warstwy aleuronowej wraz z wchłanianą wodą, gdzie pobudzają powstawanie i aktywują nieaktywne formy wielu enzymów, m.in. amylolitycznych (α -amylaza i β -amylaza pojawiające się w bielmie), cytolitycznych (β -glukanaza i cytaza powstające w warstwie aleuronowej), proteolitycznych (proteazy), lipolitycznych (lipazy), enzymów rozkładających estry kwasu fosforowego (fosfatazy) i innych (Kunze 1999, Bamforth 2002, Markham 2012).

Zdaniem Liszewskiego i in. 2008 jakość ziarna jęczmienia zależy od wielu czynników agrotechnicznych. Potwierdzają to również badania innych autorów (Fatyga i in. 1995, Noworolnik i Leszczyńska 2018), warunków zbioru (Sadowska 2006) i przechowywania (Narkiewicz-Jodko i Liszewski 2004) oraz od jego zdrowotności.

W piśmiennictwie można znaleźć wiele opracowań dotyczących wpływu różnych czynników agrotechnicznych na elementy struktury plonu zbóż, a także dotyczących zależności plonu od poszczególnych jego komponentów (Fatyga i in. 1995).

Rzadko jednak prezentowane są w literaturze prace dotyczące wpływu różnych technologii uprawy na te cechy w jęczmieniu browarnym (Noworolnik i Ruszkowska 1987, Koziara i in. 1998, Liszewski i Szybiga 2002, Pecio i Bichoński 2003, Harasym i Pieciun 2010, Noworolnik 2012, Noworolnik 2013, Szmigiel i in. 2016).

Niewiele jest również prac z zakresu wpływu technologii na jakość ziarna jęczmienia (Harasimowicz i Noworolnik 1998, Narkiewicz-Jodko i Gil 2003, Pecio i in. 2005, Źarski i in. 2013a, Źarski i in. 2013b, Źarski i in. 2013c). Brak natomiast opracowań dotyczących wpływu aplikacji preparatów biostymulujących, których skuteczność przekładałaby się na pełnowartościowy sód. Aby uzyskać z ziarna jęczmienia produkt o najwyższych parametrach jakościowych, musi ono spełniać szereg wyróżników technologicznych (Kawka i in. 1999).

Jak podaje Budzyński i Szempliński (1999) ziarno o grubość 2,5 mm, masie 1000 ziaren: od 38 do 45 g, czyste odmianowo, pękate, dobrze wypełnione i baryłkowane to produkt w pełni spełniający wyżej wymienione wyróżniki technologiczne. Na wartość browarną sόδu wpływają takie cechy jakościowe ziarna jak: celność, energia kiełkowania oraz zawartość białka (Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński 1997, Klockiewicz-Kamińska 2005). W przemyśle browarnianym jedną z najważniejszych cech kwalifikujących jęczmień jest zawartość białka, która nie może być wyższa niż 11,5%.

Browarne odmiany jęczmienia, pomimo, iż są niskobiałkowe i na ogół wysokoplonujące, wykazują zróżnicowaną reakcję na zwiększone dawki azotu (Garstang i Giltrap 1990, Pecio 2005, Psota i Vejrazka 2006, O'Donovan i in. 2011, Źarski i in. 2013a). Dlatego określenie optymalnego poziomu nawożenia azotem jęczmienia browarnego jest trudne. Zbyt duża zawartość białka wywołuje pogorszenie jakości sόδu (Noworolnik 2007). Edney (1997) oraz Pecio (2005) wykazali, że wraz ze wzrostem dawek azotu zwiększa się zawartość białka w ziarnie i zmniejsza jednocześnie ekstraktywność uzyskanego sόδu. Słaba ekstraktywność oznacza większą

ilość słodu, potrzebna do wyprodukowania określonej ilości brzezki oraz zwiększone koszty produkcji piwa.

Żarski i in. (2011a) przytaczają badania Bertholdssona (1998), Smitha i Gylesa (1988), Pecio (2002) oraz Błażewicza i Dawidowicza (2006), z których wynika, że ten parametr stanowi podstawowy wyróżnik jakościowy przydatności ziarna na cele browarnicze, wykazując istotną korelację z technologicznymi wskaźnikami, jakości słodu.

Do najistotniejszych wskaźników, jakości słodu, które wykazują istotną korelację z technologicznymi cechami ziarna Pecio (2002) oraz Liszewski i Błażewicz (2019) zaliczają, między innymi ekstraktywność słodu, liczbę Kolbacha, stopień odfermentowania i lepkość brzezki oraz siłę diastatyczną. Wraz ze zwiększającym się nawożeniem azotem wzrasta, bowiem zawartość białka ogólnego w ziarnie i białek rozpuszczalnych, wolnego azotu aminowego, aktywność α - i β -amylazy oraz siła diastatyczna słodu.

Ujemnie na wartość browarną jęczmienia wpływa również długotrwała susza i wysoka temperatura w czasie wegetacji (Noworolnik 2007) gdyż obok obniżki plonu ziarna (w wyniku zmniejszonego pobrania składników mineralnych) zwiększa się zawartość białka i łuski w ziarnie, a zmniejsza się celność ziarna i ekstraktywność słodu (Coles i in. 1991, Savin i Nicolas 1996).

W piśmiennictwie bardzo często poruszany jest problem wpływu zawartości białka w ziarnie jęczmienia, na jakość słodu, przemiany enzymatyczne białek oraz cechy użytkowe sładów i brzeczek (Howard i in. 1996, Błażewicz i Liszewski 2003, Jones 2005, Zembold-Guła i in. 2009, Kozłowska i in. 2010, Zembold-Guła i in. 2010, Klikocka i in. 2012).

W technologii produkcji ziarna jęczmienia na cele browarne konieczna jest konsekwentna i pełna ochrona roślin przed agrofagami, stosowanie optymalnej gęstości siewu oraz odpowiedniego zbioru i przechowywania ziarna, ponieważ efektywność ekonomiczna produkcji jęczmienia browarnego zależy od wielkości plonu ziarna, który jest ujemnie skorelowany z wieloma parametrami, jakości, to przy omawianiu wpływu czynników, na jakość browarną ziarna należy uwzględniać także ich wpływ na wielkość plonu (Pecio i Bichoński 2003, Noworolnik 2007, Noworolnik i in. 2007, Noworolnik i Hołubowicz-Kliza 2007, Szmigiel i in. 2016).

Jak podaje Szmigiel i in. (2016) regulacja zachwaszczenia oraz ochrona jęczmienia przed chorobami grzybowymi korzystnie wpływają na wielkość plonu

i zdrowotność roślin, to jednak oddziaływanie tych zabiegów na poszczególne cechy warunkujące, jakość ziarna nie jest już tak jednoznaczna (Błażewicz i Liszewski 2003, Pecio i Bichoński 2003, Krzyżinska i in. 2010, Noworolnik 2012). Na etapie słodowania ziarna istnieje szereg możliwości usuwania pozostałości pestycydów.

Z punktu widzenia słodowników nie jest ważny plon ziarna danej odmiany, lecz jedynie jego, jakość. Rozbieżność celów rolników i słodowników jest jedną z przyczyn, że w Polsce brakuje dobrego jakościowo ziarna jęczmienia browarnego (Błażewicz i in. 2011).

Zmiany w produkcji jęczmienia zmierzają w kierunku uzyskiwania lepszej, jakości ziarna oraz zmniejszaniu kosztów jego produkcji. Elementem poprawy opłacalności produkcji jest taki dobór technologii, aby uzyskiwać wysokie plony, pożądane parametry jakościowe oraz niskie koszty produkcji. W celu zmniejszania kosztów produkcji wprowadzane są nowe technologie ograniczające liczbę wykonywanych zabiegów.

Yawson i in. (2020) stwierdza, że podaż jęczmienia słodowego stanowi podstawę ważnego gospodarczo i społeczno-kulturowo sektora przemysłowego. Przewiduje się, że światowa konsumpcja napojów na bazie słodu będzie rosła wraz z dochodami ludzi. W krajach, w których napoje na bazie słodu stały się stałym elementem kultury, można spodziewać się zwiększonej konsumpcji niezależnie od problemów zdrowotnych i nawet bez dalszego wzrostu dochodów.

Podczas gdy zmiana klimatu może niekorzystnie wpłynąć na podaż i dostęp do „towarów luksusowych” (takich jak napoje alkoholowe) bardziej niż podstawowej żywności, wpływ zmiany klimatu na przemysł słodowniczy i jego gałęzie przemysłu przetwórczego musi jeszcze przyciągnąć odpowiedni poziom uwagi w badaniach i polityce. Przemysł słodowniczy jest bardzo narażony na niestabilność dostaw jęczmienia słodowego. Aby zaspokoić popyt na żywność, paszę i zastosowania przemysłowe w 2050 roku, światowa produkcja jęczmienia będzie musiała wzrosnąć o około 54% w stosunku do poziomu z 2000 roku. Chociaż obszar nawadniany w krajach rozwijających się wzrósłby do 2050 r. „tylko” 10 procent może wzrosnąć o 34 milionów hektarów ze względu na ciągły wzrost wielokrotności uprawy zarówno na obszarach istniejących, jak i nowo nawadnianych oraz odpowiadałoby za znacznie ponad jedną czwartą całkowitego wzrostu areалу upraw (Alexandratos i Bruinsma 2012).

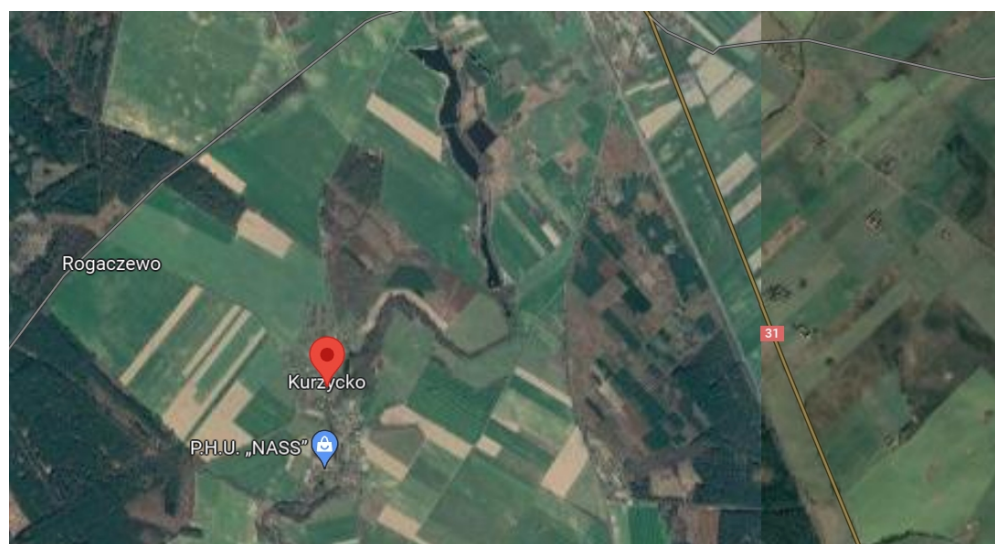
W przytoczonym przeglądzie piśmiennictwa starałam się wyczerpująco przedstawić stan obecnej wiedzy na temat nawadniania, wpływu biostymulacji na wielkość, jakość i wartość technologiczną plonu ziarna jęczmienia browarnego.

Chciałam również zwrócić uwagę na możliwości, jakie daje biostymulacja w odniesieniu do zmian klimatycznych oraz obostrzeń ekologicznych. To, co teraz traktujemy, jako opcje w najbliższym czasie stanie się koniecznością, aby rolnictwo było nadal rentowne. W dalszej części pracy wykazę, iż dzięki nawadnianiu i precyzyjnej biostymulacji możemy wypłynąć na wielkość plonu, ale również, na jakość słodu.

3. MATERIAŁY I METODY BADAŃ

3.1. Opis doświadczenia polowego

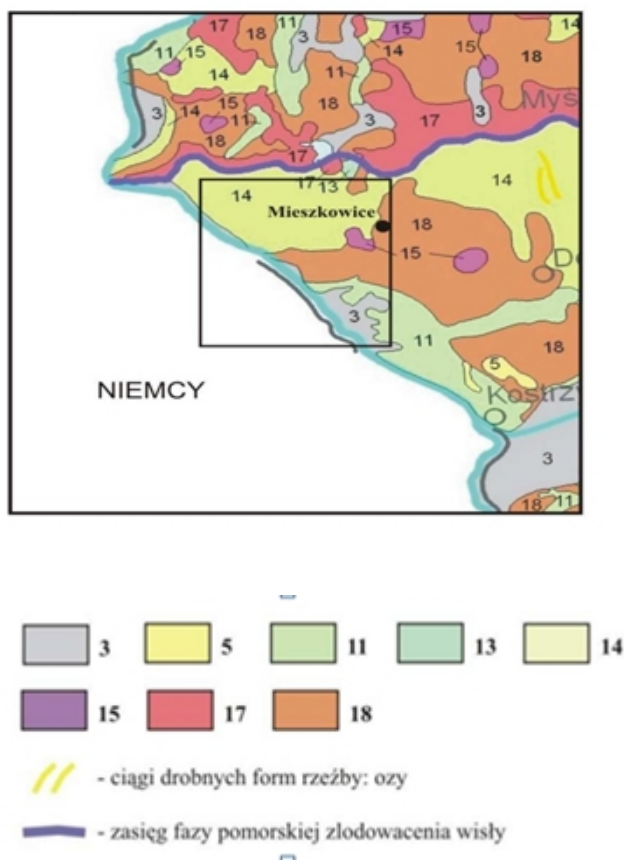
Doświadczenie polowe zostało przeprowadzone w gospodarstwie rolnym na terenie wsi Kurzycko, która położona jest w województwie zachodniopomorskim, w powiecie gryfińskim, w gminie Mieszkowice, nad rzeką Kurzycą, (52° 45' N; 14° 28' E). Lokalizację miejscowości przedstawiono na rycinie 1. Miejscowość wpisuje się w Obszar Natura 2000, Dolina Dolnej Odry. Użytki rolne oraz lasy i grunty leśne, które odgrywają znaczącą rolę w obrazie gminy i stanowią łącznie 92,2% jej powierzchni, podczas gdy tereny zabudowane i zurbanizowane – 2,7%. Równinne ukształtowany teren gminy Mieszkowice, na którym znajduje się gospodarstwo, charakteryzuje się wysokim poziomem wód gruntowych. Równina ta jest w większości sandrem usypanym podczas fazy pomorskiej ostatniego zlodowacenia, z wynurzającymi się miejscami wzgórzami morenowymi (np. na zachód od Mieszkowic). Równina zlokalizowana jest na wysokości od 40 do 60 m n.p.m., natomiast wzgórza morenowe dochodzą do wysokości 77,4 m. Region ten przecinają dopływy Odry: Słubia, Kurzyca i Myśla. Występuje tu szereg niewielkich jezior wytopiskowych: Jeziora Siegniewskie stanowiące rezerwat przyrody, jezioro Małe, Linowe i Kaczorze (<https://gryfino.szczecin.lasy.gov.pl/obszary-natura-2000>).



Rycina 1. Lokalizacja miejscowości Kurzycko

Na płaskich wysoczyznach polodowcowych fazy pomorskiej, formami wyraźnie wybijającymi się w rzeźbie terenu są kemy. Są to wzgórza o kolistej lub owalnej

podstawie, wznoszące się na około 30 m ponad otaczającą wysoczyznę. Zbudowane są z piasków równoziarnistych poziomo warstwowych z cienkimi wkładkami żwirów, z piasków drobnoziarnistych laminowanych warstwami piasków pyłowych i mułków. Występują one na północ od Czelina i Kurzycka (Ryc. 2.). Wśród gruntów ornych dominują gleby średnie (IV a i IV b) i dobre (III a i III b).



Rycina 2. Mapa geologiczna regionu Mieszkowic (Marks i in. 2006)

Doświadczenie założono na glebie ornej średniej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego i żwiru, zaliczanej do kompleksu żytniego dobrego i klasy bonitacyjnej IV a i IV b. Gleba ta charakteryzuje się zawartością próchnicy w granicach 2-3%, odczynem obojętnym do zasadowego (6,5-7,6), zawartością przyswajalnego fosforu - 58-76 mg P·kg⁻¹ oraz przyswajalnego potasu - 94-124 mg K·kg⁻¹. Gleba z doświadczenia jest bardzo podatna na wahania poziomu wód gruntowych.

3.2. Charakterystyka czynników doświadczenia polowego

W doświadczeniu uprawiano jęczmień jary (*Hordeum vulgare* L.) odmiana browarna 'Xanadu' pochodząca z niemieckiej hodowli Nordsaat Saatucht GmbH Saatucht Langenstein. Odmiana 'Xanadu' jest odmianą dwurzędową, charakteryzuje się wysoką wartością browarną. Odporność na mączniaka (7,3) – duża, na plamistość siatkową (7,4), czarną plamistość (7,6) – dość duża, na rdzę jęczmienia (7,4) i rynchosporiozę (7,9) – średnia. Rośliny średniej wysokości (72 cm), o przeciętnej odporności na wyleganie (5,7). Termin kłoszenia i dojrzewania – średni. Masa 1000 ziaren (47,5 g) – przeciętna, wyrównanie ziarna (79%) – dość dobre, gęstość ziarna w stanie zsypanym i zawartość białka (4) – przeciętne. Tolerancja na niskie pH gleby (5) – średnia. Plenność – dość dobra (https://modr.pl/sites/default/files/brochures/jeczmienn_jary_www.pdf).

W latach 2016-2018 przeprowadzone zostało ściśle doświadczenie polowe. Przedmiotem badań był wpływ dwóch stymulatorów: biostymulatora roślinnego stosowanego dolistnie Terra-Sorb Complex i biostymulatora będącego preparatem doglebowym Black Star, określanym, jako użyźniacz. W doświadczeniu badano biostymulatorów na wielkość i jakość plonu jęczmienia jarego browarnego uprawianego w warunkach nawadniania. Terminy oraz dawki wody, zastosowane do deszczowania przedstawiono w tabeli 3. Deszczowanie jęczmienia w badanych latach charakteryzowało się dużą zmiennością.

Tabela 3. Terminy i dawki wody zastosowane do deszczowania ($\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Lata	Miesiące	Dekady			Łącznie
		I	II	III	
2016	V	-		20	20
	VI	-	20	-	20
	VII	-	-	-	0
Suma			20	20	40
2017	V	-	-	-	-
	VI	-	-	20	20
	VII	-	20	-	20
Suma			20	20	40
2018	V	-	20	60	80
	VI	20	-	20	40
	VII	-	-	-	0
Suma		20	20	80	120

W pierwszym roku badań w okresie wegetacyjnym jęczmienia od marca do sierpnia zastosowano dawkę uzupełniającego deszczowania $40 \text{ mm}\cdot\text{ha}^{-1}$. Deszczowanie

w roku 2017 było na poziomie 40 mm·ha⁻¹. Ostatni rok badań charakteryzował się najniższą sumą opadów i najwyższą intensywnością deszczowania, która przypadła na II dekadę maja 2018 roku i utrzymywała się do końca czerwca. Łączna dawka wody zużytej do deszczowania wyniosła 120 mm·ha⁻¹.

Preparat Terra-Sorb Complex to dolistny stymulator wzrostu zawierający w składzie wolne aminokwasy 9,3 %, aminokwasy ogółem 12 %, azot 2,1 %, bor 0,02 %, mangan 0,05 %, cynk 0,07 %. Stymulator Black Star jest skoncentrowaną zawiesiną leonardytu składającego się z kwasów humusowych (huminy, kwasy fulwowe) oraz kwasu ulmowego.

Układ badawczy obejmował łącznie 24 poletka, każde o powierzchni 300 m². Zabiegi wykonywane były opryskiwaczem ciągnikowym. Przedstawiona procedura realizowana była w każdym roku doświadczenia (tab. 4).

Czynnik I – Nawadnianie; obiekty nienawadniane – O; obiekty nawadnianie – W.

Czynnik II – Obiekt kontrolny (bez biostymulatora i użyźniacza); obiekt z biostymulatorem; obiekt z biostymulatorem i użyźniaczem; obiekt z użyźniaczem.

Tabela 4. Schemat stosowanych aplikacji biostymulatorów w latach 2016-2018

Nawadnianie	Biopreparat	Termin aplikacji	Dawka
Bez nawadniania	kontrola	-	-
	biostymulator Terra- Sorb Complex	25-31 BBCH	1,5 dm ³ ·ha ⁻¹
	biostymulator + użyźniacz	25 BBCH	1,5 dm ³ ·ha ⁻¹ + 2 dm ³ ·ha ⁻¹
	użyźniacz Black Star	25 BBCH	2 dm ³ ·ha ⁻¹
Z nawadnianiem	kontrola	-	-
	biostymulator Terra-Sorb Complex	25-31 BBCH	1,5 dm ³ ·ha ⁻¹
	biostymulator + użyźniacz	25 BBCH	1,5 dm ³ ·ha ⁻¹ + 2 dm ³ ·ha ⁻¹
	użyźniacz Black Star	25 BBCH	2 dm ³ ·ha ⁻¹

W okresie jesiennym, po zbiorze przedplonu (burak cukrowy), wykonano orkę przedzimową na głębokość 25 cm. Zabieg wykonywano pięcioskibowym pługiem zawieszonym o odkładnicach cylindrycznych.

Przed wysiewem, nasiona zaprawiono fungicydową zaprawą nasienną Systiva 333 FS przeciwko pasiastości liści jęczmienia, mączniaka prawdziwego zbóż i traw, plamistości siatkowej jęczmienia. Po wschodach rośliny uprawnej i ruszeniu wegetacji,

w każdym roku doświadczenia, przeprowadzono oprysk herbicydem dopasowanym do potrzeb i stanu zachwaszczenia plantacji. Ochrona fungicydowa również dostosowywana była do presji patogenów i panujących warunków pogodowych. Lambda- cyhalotryna w produkcie Karate Zeon 050 CS została zastosowana, jako insektycyd na mszyce (wektory chorób wirusowych we wczesnej fazie rozwoju zbóż) oraz skrzypionki. Zabieg przeprowadzono w godzinach wieczornych poza terminem oblotu pszczół. Zabiegi agrotechniczne oraz terminy ich wykonywania w kolejnych latach badań, zostały przedstawione w tabeli 5.

Tabela 5. Zabiegi agrotechniczne wykonywane w czasie przeprowadzonych doświadczeń

Lata			Termin	Metoda uprawy
2016	2017	2018		Tradycyjna
13.11.16	4.10.17	24.10.18	Jesień	orka przedzimowa na 25 cm - pług pięcioskibowy o odkładnicach cylindrycznych kultywatorowanie na 12-15 cm -gruber – agregat uprawowy (kultywator+wał strunowy)
18.03.16	22.03.17	7.04.18	Wiosna	wysiew nawozów azotowych saletra amonowa 34 % 200 kg·ha ⁻¹ Polifoska 5 (5-15-30) 200 kg·ha ⁻¹
19.03.16	24.03.17	8.04.18	Wiosna	wysiew jęczmienia jarego Xanadu 175 kg·ha ⁻¹ zaprawa nasienna Systiva 333 FS 75 cm ³ ·100 kg ⁻¹ ziarna siewnego
29.04.16	11.05.17	5.05.18		oprysk herbicydowy: 2016 – Nuance 75 WG 0,2 g ha ⁻¹ Silwet Gold 0,12 dm ³ ·ha ⁻¹ 2017 – Biathlon 4D 0,35 g·ha ⁻¹ Agritox Turbo 750 SL 0,6 dm ³ ·ha ⁻¹ 2018 – Puma Uniwersal 069 EW 0,8 dm ³ ·ha ⁻¹ Gold 450 EC 1 dm ³ ·ha ⁻¹ nawożenie dolistne : mocznik 20 kg·ha ⁻¹ siarczan magnezu 6 kg·ha ⁻¹ plonvit zboża 1,5 dm ³ ·ha ⁻¹
20.05.16	23.05.17	19.05.18		nawożenie dolistne : mocznik 20 kg·ha ⁻¹ siarczan magnezu 6 kg·ha ⁻¹ plonvit zboża 1,5 dm ³ ·ha ⁻¹
1.06.16	6.06.17	25.05.18		oprysk insektydowy: Karate Zeon 050 CS 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹ oprysk fungicydowy : 2016 – Bontima 250 EC 2 dm ³ ·ha ⁻¹ Cerone 480 SL 0,75 dm ³ ·ha ⁻¹ 2017- Bontima 250 EC 2 dm ³ ·ha ⁻¹ Moddus 250 EC 0,2 dm ³ ·ha ⁻¹ 2018 – Menara 410 EC 0,3 dm ³ ·ha ⁻¹
22.07.16	5.08.17	24.07.18	Lato	zbiór – kombajn

3.3. Ocena plonu, komponentów plonu i cech biometrycznych

Wykonane pomiary biometryczne dotyczące budowy morfologicznej roślin i struktury plonu obejmowały: długość źdźbła, długość kłosa oraz liczbę i masę ziaren w kłosie oraz masę tysiąca ziaren. Następnie kłosy wymłócono, przesiano przez sita i zważono w celu określenia masy nasion z pojedynczych kłosów. Masę tysiąca ziaren (MTZ) określono za pomocą elektronicznego licznika nasion odliczając cztery razy po 250 ziarna z każdego poletka w trzech powtórzeniach, a następnie ziarno zważono podając wynik w gramach.

3.4. Pomiary fizjologiczne roślin

W okresie wegetacji określono parametry fizjologiczne roślin. Pomiary indeksu zieloności liści SPAD (Soil Plant Analysis and Development) polegały na wyznaczeniu ilorazu różnicy absorpcji światła przez liść przy długości fali 650 i 940 nm. Stężenie chlorofilu w liściach oszacowano za pomocą miernika chlorofilu, aparatu Chlorophyll Meter SPAD 502Plus Minolta, SPAD 502, Japonia. Indeks powierzchni liścia LAI (Leaf Area Index) określono za pomocą ceptomietru LP-80, firmy Decagon. Badania przeprowadzone w momencie rozpoczęcia nawadniania. Przypadało na fazę strzelania w źdźbło do końca fazy kłoszenia. Notowano początek poszczególnych faz fenologicznych roślin jęczmienia i określono długość okresu wegetacji.

3.5. Analiza składu chemicznego gleby

W zebranych materiale doświadczalnym wydzielono reprezentatywne próby w celu wykonania analiz chemicznych gleby. Próby pobierano przed siewem oraz po zbiorach jęczmienia. W każdym roku doświadczenia stosowano taką samą procedurę.

Próbki gleby pobrano łaską Egnera z głębokości 0-0,20 m. Próbki zostały wysuszone i zmielone zgodnie z wymaganiami określonymi w Polskiej Normie (PN-ISO 10381-2:2007), Odczyn gleby (pH_{KCl}) oznaczano potencjometrycznie za pomocą pehametru Orion Star A 211, zgodnie z polską normą (PN-ISO 10390: 1997). Całkowitą zawartość węgla (C) i azotu (N) oznaczono przy użyciu analizatora elementarnego CHNS (Costech Instruments Elemental Combustion System) firmy ELTRA Poland. Do obliczenia zawartości substancji organicznej w glebie zastosowano współczynnik 1,724 ($\text{C} \times 1,724$). Zawartość przyswajalnego fosforu i potasu w glebie zastosowano metodę

Egnera-Riehma (PN-R-04023:1996, PN-R-04022:1996/Az1:2002). Zawartość potencjalnie dostępnych dla roślin (wymennych) form magnezu i wapnia zidentyfikowano po ekstrakcji gleby 1M HCl przy stosunku gleby do roztworu 1: 10 (Kabała i Karczewska 2019). Po przesączeniu, w uzyskanym ekstrakcie, zawartość magnezu i wapnia oznaczano stosując spektrometr Atomic Absorption Spectrometer Apparatus (Thermo Fisher Scientific iCE 3000 Series). Ekstrakcja 1M roztworem HCl jest powszechnie stosowana w badaniach rolniczych w celu określenia biodostępności metali dla roślin.

3.6. Analiza składu chemicznego ziarna

W celu określenia całkowitej zawartości makroskładników i mikroskładników próbki ziarna mineralizowano w mieszaninie kwasu azotowego(V) i chlorowego(VII) w proporcji 1:1 (PN-EN ISO 6869:2002). Po mineralizacji próbek zawartość fosforu oznaczono metodą kolorymetryczną. Całkowitą zawartość metali (potas, wapń, magnez, żelazo, mangan, cynk, sód, nikiel, ołów, miedź, kobalt, chrom i kadm) oznaczono stosując spektrometr Atomic Absorption Spectrometer Apparatus (Thermo Fisher Scientific iCE 3000 Series).

3.7. Słodowanie i wartość technologiczna ziarna

Analizę ziarna pod kątem wartości technologicznej tj. ekstrakt w mące i śrucie, rozluźnienie, klarowność, liczba Kolbacha, stopień odfermentowania, barwa i lepkość brzezki, barwę po gotowaniu oraz kruchość i szklistość, wykonano we współpracy z Słodownią Optima w Poznaniu zgodnie z Polską Normą PN-R-74110: 1998. Dodatkowo określono poziom pH, zawartość azotu oraz PUG. Parametry słodowania zostały wykonane na etapie zamoczki, słoju zielonego oraz zrzutki jakościowej. Metodologia mikrosłodowania została przedstawiona w formie graficznej na rycinie 3. Badania laboratoryjne ziarna obejmowały również wilgotność, zawartość białka, wyrównanie wykonane na sitach Vogla oraz energię kiełkowania.



a. Przygotowanie prób jęczmienia do słodowania



b. Próby zostały zamoczone w kotle mikrośłodowni na 20 godzin przy ciągłym napowietrzaniu



c. Po 20. godzinnym namaczaniu, podczas którego rozpoczął się proces kiełkowania, woda została spuszczone

Rycina 3. Metodologia mikrośłodowania w Słodowni Optima

Dalsze czynności wykonane podczas słodowania były następujące:

- Rozpoczęcie procesu suszenia. Po upływie 16 godzin została wykonana analiza wilgotności a następnie próby zostały spryskane kwasem giberelinowym (0,00005 cm³ kwasu i 40 cm³ wody na 1 kg próby).
- Ponownie sład zielony umieszczony został w rajstopach i poddany dalszemu napowietrzaniu. Po upływie 4 godzin została wykonana analiza wilgotności.
- W celu dodatkowej stymulacji kiełkowania sładu do kotła została dodana woda tzw. pierwsze polanie, przy optymalnej temperaturze 16° C i stałym nawiewie nawilżonego powietrza.
- Podczas tego procesu, co 4-godziny, próby były wyjmowane ręcznie.
- W 4 dobie kiełkowania wykonano analizę kiełka liścieni.
- Po 5 dobie kiełkowania rozpoczął się proces suszenia. Trwał 9-10 godzin w temperaturze 40-80° C.
- Po zakończeniu suszenia, sład został przeczyszczony na sicie w celu pozbycia się zanieczyszczeń drobnych. Przygotowanie materiału do analiz laboratoryjnych.

3.8. Analiza statystyczna wyników

Wyniki dla plonu i cech biometrycznych opracowano przy pomocy analizy wariancji w układzie podbloków 'split-plot' w trzech latach. Liczba replikacji wynosiła trzy. Grupy jednorodne utworzono na podstawie półprzedziału ufności wyliczonego testem HSD Tukeya. Dla wartości technologicznej składu chemicznego gleby i składu chemicznego ziarna zastosowano analizę wariancji bez replikacji. Błąd do testowania stanowiła interakcja potrójna lata*nawadnianie* biostymulatory (L*N*S).

Grupy jednorodne utworzono na podstawie testu HSD Tukeya, na poziomie istotności 0,05. Współczynnik korelacji prostej i równania regresji w celu oceny zależności pomiędzy plonem a cechami biometrycznymi wyliczono współczynnik korelacji prostej i równania prostych regresji. Istotność zależności określono na podstawie poziomu istotności; $P < 0,05$, $P < 0,01$ i $P < 0,001$. Obliczenia wykonano przy zastosowaniu programu Statistica wersja 13.3.

3.9. Warunki meteorologiczne w okresie 2016 – 2018

Według podziału klimatycznego Gumińskiego obszar gminy, w której położone jest gospodarstwo rolne należy do dzielnicy nadnoteckiej. Ma on charakter przejściowy pomiędzy chłodną i dość obficie zraszaną dzielnicą pomorską, a cieplejszą i suchą dzielnicą środkową. Jest tutaj 107–108 dni z przymrozkami, a dni mroźnych 30–35. Średnia roczna temperatura wynosi +8° C. Opady kształtują się na poziomie około 550 do 600 mm średnio w roku. Czas trwania pokrywy śnieżnej trwa 38 do 50 dni. Zaznacza się tutaj dość częste występowanie silnych wiatrów. Długość okresu wegetacyjnego wynosi 200 do 215 dni (<http://bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/txt/mgsp0384.pdf>).

Średnia temperatura powietrza i sumy opadów atmosferycznych, w kolejnych latach badań, uzyskano na podstawie pomiarów meteorologicznych, wykonywanych przez stację agrometeorologiczną zlokalizowaną w Wierzchlasie, oddaloną od pól uprawnych o 8 km.

Lata, w których przeprowadzono doświadczenia nie należały do wyjątkowo suchych, jedynie ostatni rok badań (2018) miał wyraźnie niższą sumę opadów w porównaniu do danych z wielolecia. Sezony wegetacji w dwóch ostatnich latach badań (2017 i 2018) były wyraźnie cieplejsze od wartości wieloletnich.

Tabela 6. Średnia temperatura powietrza i sumy opadów w okresie wegetacji jęczmienia jarego w latach 2016-2018 na tle wielolecia

Temperatura powietrza							
Miesiące	średnia temperatura wielolecia	średnia temperatura powietrza [°C]			odchylenie od wielolecia [°C]		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
III	4,00	5,50	8,50	1,00	1,50	4,50	-3,00
IV	9,56	9,50	8,55	13,1	-0,06	-1,01	3,54
V	13,9	15,3	14,5	15,5	1,40	0,60	1,60
VI	17,6	19,4	17,0	18,8	1,80	-0,60	1,20
VII	19,9	19,3	19,0	19,0	-0,60	-0,90	-0,90
Średnia	13,0	13,8	13,5	13,5	0,80	2,59	2,44
Opady atmosferyczne							
Miesiące	suma opadów wielolecia	suma opadów atmosferycznych (mm)			odchylenie od wielolecia (mm)		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
III	41,5	63,8	71,8	25,7	22,3	30,3	-15,8
IV	63,7	121,3	121,8	22,3	57,6	58,1	-41,4
V	72,6	98,0	172,8	54,7	25,4	100,2	-17,9
VI	76,7	36,3	65,4	22,3	-40,4	-11,3	-54,4
VII	55,7	32,9	59,1	54,7	-22,8	3,40	-1,00
Suma	310,2	352,3	490,9	179,7	42,1	180,7	-130,5

Średnia temperatura powietrza w roku 2016 była o 0,8^oC wyższa od danych wieloletnich.

Najwyższe temperatury w tym okresie zanotowano w czerwcu (19,4^oC) oraz lipcu (19,3^oC). Temperatury w tych miesiącach były wyższe od danych wieloletnich odpowiednio 1,40^oC i 1,80^oC. Podobnie ciepłym miesiącem był marzec, (tab. 6).

W roku 2016 suma opadów w okresie od marca do lipca wyniosła 352,3 mm. W całym sezonie wegetacyjnym tego roku suma opadów była większa 42,1 mm w porównaniu do danych wieloletnich. W trzech pierwszych miesiącach wegetacji łączna ilość opadów przekroczyła o 105,3 mm dane wieloletnie. Największy niedobór opadów, w porównaniu do danych z wielolecia zaobserwowano w miesiącach czerwcu i w lipcu, odpowiednio o 40,4 mm i 22,8 mm.

Sezon wegetacyjny 2018 charakteryzował się najwyższą średnią temperaturą sezonu wegetacyjnego w porównaniu do wielolecia, ze wszystkich trzech lat doświadczeń. Średnia temperatura powietrza była wyższa od danych wieloletnich o $2,59^{\circ}\text{C}$. W okresie wegetacji jęczmienia najcieplejszymi miesiącami były maj i czerwiec. Nieco chłodniejszym miesiącem był lipiec. Sezon ten obfitował w dużą sumę opadów, która była wyższa od danych wieloletnich o 180,7 mm. Najwięcej opadów odnotowano w kwietniu i maju, a najmniej w czerwcu.

Podobnie ciepłym okresem wegetacyjnym charakteryzował się ostatni 2018 rok doświadczeń. Odchylenie w stosunku do wielolecia wyniosło $2,44^{\circ}\text{C}$. Najcieplejszymi miesiącami były kwiecień, maj i czerwiec z odchyleniami od średniej temperatury z wielolecia odpowiednio o: $3,54^{\circ}\text{C}$, $1,60^{\circ}\text{C}$ i $1,20^{\circ}\text{C}$. Należy dodać, że w ostatnim roku odnotowano w marcu najniższą na przestrzeni całego trzyletniego okresu doświadczeń średnią temperaturę powietrza, odchylenie w porównaniu do wielolecia wyniosło 3°C . Chłodniejszym miesiącem był także lipiec przy odchyleniu od wielolecia o $0,9^{\circ}\text{C}$.

Sezon wegetacyjny ostatniego roku badań był najbardziej suchym spośród wszystkich sezonów trzech lat doświadczeń. Według wskaźnika Sielianinowa poszczególne miesiące okresu wegetacyjnego należały bardzo suchych i suchych – IV i VI, suchych – VII oraz dość suchych – V, (tab. 7).

Suma opadów w okresie wegetacji wyniosła 179,7 mm i była niższa o 130,5 mm od wielolecia. Największy niedobór wody odnotowano w kwietniu i czerwcu gdzie odchylenie wynosiło odpowiednio: 41,4 mm i 54,4 mm.

Od wielu lat susze są przedmiotem wzmożonego zainteresowania badaczy, zwłaszcza klimatologów, hydrologów i rolników. Susze spowodowane są wyraźnym ociepleniem klimatu, jakie zaznaczyło się szczególnie w ostatnich dekadach XX wieku, nie tylko na obszarze Polski, ale i w skali globalnej. Sygnalizowane jest także zwiększenie częstości występowania ekstremalnych zjawisk meteorologicznych, w tym susz (Ziernicka-Wojtaszek 2012).

Charakterystykę warunków hydrotermicznych okresu wegetacji opracowano na podstawie danych temperatury powietrza i sum opadów w latach 2016-2018 przedstawiono w tabeli 6. W tym celu obliczono sumy i średnie temperatury powietrza oraz sumy opadów dla poszczególnych miesięcy dla całego analizowanego okresu. Opierając się na uzyskanych danych obliczono współczynniki hydrotermiczne Sielianinowa (Selyaninov 1928) w poszczególnych latach wg wzoru:

$$k = (P \cdot 10) / \sum t$$

gdzie: P – suma miesięczna opadów atmosferycznych w mm,

$\sum t$ – suma średnich dobowych temperatur powietrza $> 0^{\circ}\text{C}$.

Tabela 7. Współczynnik hydrotermiczny Sielianiowa K w sezonie wegetacyjnym jęczmienia jarego w latach 2016-2018

Miesiące	Lata		
	2016	2017	2018
III	3,87	2,82	8,57
IV	4,26	4,75	0,57
V	2,13	3,60	1,18
VI	0,61	1,15	0,40
VII	0,48	0,90	0,95

Współczynnik hydrotermiczny Sielianiowa (Selyaninov 1928) określa relację pomiędzy opadem a parowaniem, uzależnionym w decydującym stopniu od sumy średnich dobowych temperatur powietrza oraz charakteryzuje warunki wilgotnościowe wzrostu i plonowania roślin. Metoda oceny uwilgotnienia wartością współczynnika hydrotermicznego odzwierciedla w największym stopniu potrzeby wodne roślin uprawnych w okresie wegetacji (Ziernicka-Wojtaszek 2012).

W zależności od wartości współczynnika wyróżnia się miesiące skrajnie suche ($<0,4$), bardzo suche (0,4–0,7), suche (0,8–1,0) i dość suche (1,1–1,3). Przyjmuje się, iż posucha rozpoczyna się, gdy wartość współczynnika osiągnie 1,1.

W 2016 roku największe potrzeby wodne roślin odnotowano w miesiącach VI-VII. W lipcu współczynnik K wyniósł 0,48 i był najniższy w sezonie wegetacyjnym, co świadczyło o dużych deficytach wodnych. Mając na uwadze fakt, iż okres krytyczny dla zbóż przypada na okres od maja do lipca pierwszy zabieg nawaniania wykonano w III dekadzie maja w wysokości $20 \text{ mm}\cdot\text{ha}^{-1}$, jako zabieg interwencyjny oraz w II dekadzie czerwca ($20 \text{ mm}\cdot\text{ha}^{-1}$) przy współczynniku hydrotermicznym 0,61.

W roku 2017 początek wegetacji nie wykazywał oznak posuchy, natomiast od czerwca, gdzie współczynnik Sielianiowa wyniósł 1,15, rozpoczął się trwający do lipca deficyt wodny. Kierując się niskim współczynnikiem hydrotermicznym w III dekadzie czerwca wykona deszczowanie w wysokości $20 \text{ mm}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz II dekadzie lipca ($K= 0,90$) w dawce $20 \text{ mm}\cdot\text{ha}^{-1}$.

W 2018 roku warunki hydrotermiczne wskazały na kwietniowe rozpoczęcie okresu suszowego, gdzie współczynnik K wyniósł 0,57. Tendencja utrzymała się aż do końca wegetacji. Wykonano nawadnianie w II dekadzie maja ($20 \text{ mm}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz III dekadzie maja ($60 \text{ mm}\cdot\text{ha}^{-1}$). W czerwcu współczynnik Sielianiowa wyniósł 0,4 i był to najniższy wynik z trzech lat doświadczenia. Nawadnianie wykonano w I i III dekadzie czerwca w dawce $40 \text{ mm}\cdot\text{ha}^{-1}$. Łącznie zastosowano trzykrotnie większą dawkę nawadniania niż w poprzednich latach doświadczenia, $120 \text{ mm}\cdot\text{ha}^{-1}$.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Plon, komponenty plonu i cechy biometryczne

Tabela 8 przedstawia istotność oddziaływania ze strony badanych czynników, natomiast tabela 9 przedstawia – średnio dla lat badań – kształtowanie się plonu, jego struktury i cech biometrycznych jęczmienia jarego.

Tabela 8. Ocena istotności dla plonu, jego struktury oraz cech biometrycznych jęczmienia jarego, średnio z lat 2016-2018

Cecha	Rok	Nawadnianie	Stymulator	Rok* Nawadnianie	Rok* Stymulator	Nawadnianie* Stymulator	Rok *Nawadnianie* Stymulator	V 1 %	V 2 %
Plon [t·ha ⁻¹]	***	*	*	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	8,00	6,00
Liczba kłosów [szt·m ²]	*	r.n.	*	r.n.	r.n.	*	r.n.	9,10	8,70
Liczba ziaren w kłosie [szt]	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	*	r.n.	8,90	6,80
Masa tysiąca ziaren [g]	**	*	*	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	4,20	3,30
Masa ziaren w kłosie [g]	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	7,60	6,50
Długość kłosa [cm]	***	**	**	r.n.	r.n.	**	r.n.	9,37	8,74
Długość źdźbła [cm]	*	**	**	r.n.	r.n.	**	r.n.	11,4	9,80

r.n. – różnica nieistotna

Tabela 9. Plon, jego struktura i cechy biometryczne jęczmienia jarego w latach 2016-2018

Cecha	Lata		
	2016	2017	2018
Plon [t·ha ⁻¹]	3,55 <i>ab</i>	3,22 <i>b</i>	4,01 <i>a</i>
Liczba kłosów [szt·m ²]	368 <i>b</i>	376 <i>b</i>	399 <i>a</i>
Liczba ziaren w kłosie [szt]	21 <i>a</i>	19 <i>a</i>	19 <i>a</i>
Masa tysiąca ziaren [g]	45,5 <i>ab</i>	44,0 <i>b</i>	47,6 <i>a</i>
Masa ziaren w kłosie [g]	0,97 <i>a</i>	0,85 <i>a</i>	0,94 <i>a</i>
Długość kłosa [cm]	7,50 <i>a</i>	6,29 <i>b</i>	5,95 <i>c</i>
Długość źdźbła [cm]	58,3 <i>a</i>	55,6 <i>ab</i>	50,6 <i>b</i>

Tabela 10. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na plon ziarna, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	3,95 <i>a^{1,2}</i>	3,86 <i>a</i>	3,15 <i>a</i>	3,42 <i>a</i>	3,54 <i>a</i>
Z nawadnianiem	3,85 <i>a</i>	3,84 <i>a</i>	3,39 <i>a</i>	3,51 <i>a</i>	3,65 <i>a</i>
Średnia	3,90 <i>a</i>	3,74 <i>a</i>	3,27 <i>b</i>	3,47 <i>b</i>	3,59

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu w poszczególnych latach doświadczenia (tabela 9). Największy plon ziarna uzyskano w 2018 roku, natomiast najmniejszy w 2017 roku. Wpływ lat na plon jęczmienia jarego był wysoce istotny, znacząca była również stymulacja. Stwierdzono wpływu nawadniania na wielkość plonu jęczmienia. Nie wystąpiła interakcja lat z nawadnianiem oraz lat ze stymulatorem, a także z oboma tymi czynnikami. Ścisłość doświadczenia wynosiła dla błędu pierwszego 8 %, natomiast dla drugiego 6 % (tab. 8).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, nie zwiększyło plonu ziarna w porównaniu z wariantem bez nawadniania. W warunkach kontrolnych oraz po zastosowaniu biostymulatora plon był większy w porównaniu z wariantem użyźniacz i biostymulator z użyźniaczem. Nie wykazano istotnego współdziałania pomiędzy nawadnianiem a różnymi wariantami stymulacji na wielkość plonu ziarna jęczmienia browarnego (tab. 10).

Tabela 11. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na liczbę kłosów z 1 m², średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	388 <i>a</i> ^{1,2}	393 <i>a</i>	352 <i>a</i>	397 <i>a</i>	382 <i>a</i>
Z nawadnianiem	398 <i>b</i>	398 <i>a</i>	354 <i>a</i>	372 <i>a</i>	381 <i>a</i>
Średnia	393 <i>a</i>	396 <i>a</i>	353 <i>b</i>	385 <i>ab</i>	381

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotne zróżnicowanie liczby kłosów na 1m² w poszczególnych sezonach wegetacji (tab. 9). W 2018 roku odnotowano najwyższą istotność wpływu lat na badany parametr, który wynosił 399 szt·m⁻². Znacznie mniejsza liczbę kłosów na 1 m² odnotowano w pozostałych latach badań. W 2016 roku wynosiła 368 szt·m⁻², natomiast w 2017 - 376 szt·m⁻².

Istotne oddziaływanie na liczbę kłosów z powierzchni 1m² miał również wariant stymulacji a także interakcja pomiędzy nim a nawadnianiem. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania tego parametru pod wpływem nawadniania. Podobnie nie wykazano interakcji lat z czynnikami doświadczenia, co wskazuje na jednakową reakcję jęczmienia w kolejnych latach badan na zastosowane czynniki doświadczenia. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu pierwszego 9,1 %, zaś dla drugiego 8,7% (tab. 8).

W warunkach bez aplikacji wody, liczba kłosów była niższa od wariantu z nawadnianiem o 10 kłosów. Zastosowanie biostymulatora oraz w warunkach obiektu kontrolnego liczba kłosów była najwyższa, wynosiła 396 szt·m⁻² i 393 szt·m⁻². Z porównania obiektów ze stymulatorami wynika, że najmniej korzystne było zastosowanie biostymulatora z użyźniacza niż samego użyźniacza (tab. 11).

Tabela 12. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na liczbę ziaren w kłosie, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	19,1 <i>b</i> ^{1,2}	20,6 <i>a</i>	19,4 <i>a</i>	19,6 <i>a</i>	19,7 <i>a</i>
Z nawadnianiem	21,2 <i>a</i>	21,1 <i>a</i>	20,4 <i>a</i>	20,1 <i>a</i>	20,7 <i>a</i>
Średnia	20,2 <i>a</i>	20,9 <i>a</i>	19,9 <i>a</i>	19,9 <i>a</i>	20,2

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Nie stwierdzono wpływu lat na liczbę ziaren w kłosie jęczmienia jarego (tab. 9). Liczba ziaren w kłosie nie zmieniła się istotnie, pod wpływem nawadniania oraz stymulacji. Nie zaobserwowano interakcji pomiędzy latami z czynnikami doświadczenia. Ścisłość doświadczenia była na średnim poziomie i wynosiła dla błędu pierwszego 8,9 %, zaś dla drugiego 6,8 % (tab. 8).

Zastosowanie nawadniania, średnio z trzech lat, nie spowodowało zwiększenia liczby ziaren w kłosie. Istotne współdziałanie dotyczyło obiektu kontrolnego, w którym liczba ziaren w kłosie wzrosła w warunkach nawadnianych (tab. 12). Nie stwierdzono istotnego współdziałania nawadniania z wariantami stymulacji.

Tabela 13. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na masę tysiąca ziaren, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	44,6 <i>a</i> ^{1,2}	44,7 <i>a</i>	46,3 <i>a</i>	46,1 <i>a</i>	45,3 <i>b</i>
Z nawadnianiem	45,8 <i>a</i>	45,5 <i>a</i>	45,8 <i>a</i>	46,6 <i>a</i>	46,1 <i>a</i>
Średnia	45,2 <i>b</i>	45,1 <i>b</i>	46,0 <i>a</i>	46,4 <i>a</i>	45,7

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotne różnice wpływu lat na masę tysiąca ziaren w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 9). W roku 2018 była najwyższa i wynosiła 47,6 g. W pozostałych dwóch latach masa ziarna była niższa i wahała się w przedziale 44,0-45,6 g.

Masa tysiąca ziarna zmieniła się istotnie pod wpływem nawadniania oraz stymulacji. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania w MTZ pomiędzy latami a czynnikami doświadczenia. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu pierwszego 4,2 %, zaś dla drugiego 3,3 % (tab. 8).

Zastosowanie nawadniania, średnio z trzech lat (tab. 13), zwiększyło masę tysiąca ziaren o 0,8 g w porównaniu z wariantem nienawadnianym. Stwierdzono istotne współdziałanie nawadniania z wariantami stymulacji. Po aplikacji biostymulatora z użyźniaczem MTZ był najwyższy, wynosił 46,4 g, natomiast po użyźniaczu 46 g.

Tabela 14. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na masę ziarna z kłosa, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	0,85 <i>a</i> ^{1,2}	0,92 <i>a</i>	0,89 <i>a</i>	0,90 <i>a</i>	0,89 <i>a</i>
Z nawadnianiem	0,97 <i>a</i>	0,96 <i>a</i>	0,95 <i>a</i>	0,94 <i>a</i>	0,95 <i>a</i>
Średnia	0,91 <i>a</i>	0,94 <i>a</i>	0,92 <i>a</i>	0,92 <i>a</i>	0,92

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Nie stwierdzono wpływu lat na masa ziaren w kłosie (tab. 9). Masa ziarna z kłosa nie zmieniała się pod wpływem nawadniania, stymulacji oraz nawadnianiem połączonego z zabiegiem stymulacji. Nie stwierdzono zróżnicowania masy ziarna na przestrzeni badanych lat. Ścisłość doświadczenia dla błędu pierwszego wynosiła 7,6%, drugiego 6,5 % (tab. 8).

Zastosowanie nawadniania, średnio z trzech lat (tab. 14), nie spowodowała zwiększenia masy ziarna w kłosie w porównaniu z warunkami kontrolnymi. Aplikacja stymulatorów nie wpłynęła istotnie na masę ziarna z kłosa.

Tabela 15. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na długość kłosa, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	6,49 <i>b</i> ^{1,2}	6,55 <i>b</i>	6,57 <i>a</i>	6,43 <i>a</i>	6,51 <i>b</i>
Z nawadnianiem	6,85 <i>a</i>	7,30 <i>a</i>	6,51 <i>a</i>	6,63 <i>a</i>	6,77 <i>a</i>
Średnia	6,63 <i>b</i>	6,85 <i>a</i>	6,54 <i>b</i>	6,53 <i>b</i>	6,64

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotny wpływ lat na długość kłosa jęczmienia. W 2016 roku wynosiła 7,5 cm i była wyższa od roku 2017 o ponad 16 %, natomiast od roku 2018 o 20,6 % (tab. 9). Ścisłość doświadczenia dla błędu pierwszego wynosiła 9,37 %, drugiego 8,74 % (tab. 8).

Zastosowanie nawadniania spowodowało zwiększenie długości kłosa w porównaniu z obiektem kontrolnym o 0,26 cm. Istotne współdziałanie dotyczyło obiektu kontrolnego oraz z biostymulatorem, w którym długość kłosa wzrosła w warunkach nawadnianych (tab. 15). Nawadnianie w przypadku użyźniacza oraz biostymulatora wraz z użyźniaczem nie wykazało interakcji.

Tabela 16. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na długość źdźbła, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	54,9 <i>b</i> ^{1,2}	54,1 <i>b</i>	55,4 <i>a</i>	51,9 <i>a</i>	54,1 <i>b</i>
Z nawadnianiem	63,9 <i>a</i>	61,0 <i>a</i>	51,8 <i>b</i>	52,0 <i>a</i>	56,0 <i>a</i>
Średnia	59,5 <i>a</i>	57,6 <i>a</i>	53,6 <i>b</i>	52,0 <i>b</i>	55,7

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotne różnice wpływu lat na długość źdźbła. W 2016 roku odnotowano długość 58 cm, natomiast w roku 2018 źdźbło było krótsze o ponad 13 %, mierząc 50,64 cm (tab. 9).

Długość źdźbła zmieniała się w sposób istotny pod wpływem stymulatorów oraz stymulatorów z nawadnianiem. Nie wystąpiła interakcja z nawadnianiem, lat z nawadnianiem, lat ze stymulacją oraz interakcja lata-nawadnianie-stymulacja. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu pierwszego 11,4 %, zaś dla drugiego 9,8 % (tab. 8). Zastosowanie nawadniania spowodowało zwiększenie długości źdźbła w porównaniu z wariantem bez nawadniania o 1,9 cm. Istotne współdziałanie dotyczyło obiektu kontrolne, biostymulatora oraz kombinacji stymulatorów, w którym długość źdźbła wzrosła w warunkach nawadnianych (tab. 16).

4.2. Analiza korelacji plonu ziarna z cechami biometrycznymi roślin

Ocena zależności pomiędzy plonem ziarna a cechami biometrycznymi (tab. 17) w przypadku wariantu bez nawadniania wskazuje, że najsilniejsza była dla liczby kłosów na m². Współczynnik korelacji wynosił 0,916. Wskazuje to na fakt, że zmiana plonu spowodowana jest w 84% zmianą liczby kłosów. Zwiększenie liczby kłosów o 1 sztukę powoduje średnio przyrost plonu o 0,00729 t·ha⁻¹. Pozostałe komponenty plonu tj. masa tysiąca ziaren, długość kłosa i długość źdźbła są również istotnie związane z plonem. Zależność ta jednak była znacznie słabsza a współczynnik determinacji wynosił od 12,3 do 15,2%. Nie stwierdzono istotnej korelacji pomiędzy plonem ziarna a liczbą ziaren i masą ziaren z kłosa.

W warunkach nawadnianych zależność pomiędzy plonem a liczbą kłosów była również wysoce istotne. Wartość współczynnika determinacji wynosiła 85,9%, zaś

przyrost plonu przy zwiększeniu liczby kłosów o 1 sztukę na powierzchni 1 m² ukształtował się na poziomie 0,0101 t·ha⁻¹, czyli był nieco wyższy niż w przypadku wariantu bez nawadniania. Istotną zależność dodatnią stwierdzono pomiędzy plonem a masą tysiąca ziaren, masą ziarna z kłosa i długością z kłosa. Współczynnik determinacji dla masy 1000 ziaren wynosił ponad 60%. Dla masy ziarna z kłosa i długości kłosa był mniejszy i wynosił od 18,2 do 21,8%. Liczba ziaren w kłosie oraz długość kłosa nie był istotnie skorelowane z plonem. W obu wariantach nawadniania zdecydowanie najsilniejszą zależność stwierdzono pomiędzy plonem a liczbą kłosów na m².

Tabela 17. Zależność pomiędzy plonem ziarna (t·ha⁻¹), a jego strukturą i cechami biometrycznymi roślin w zależności od wariantów nawadniania (n=36)

Wariant nawadniania	Cecha	r	Istotność	r ² * 100	Równanie regresji
Bez nawadniania	liczba kłosów na m ²	+0,916	**	83,9	Y=0,646 + 0,00729x
	liczba ziaren w kłosie	+0,262	-	6,8	---
	masa 1000 ziaren (g)	-0,390	*	15,2	Y=10,87 – 0,161x
	masa ziarna z kłosa (g)	+0,060	-	0,4	---
	długość kłosa (cm)	+0,357	*	12,7	Y=1,76 +0,273X
	długość źdźbła (cm)	+0,351	*	12,3	Y=1,90 +0,0303x
Z nawadnianiem	liczba kłosów na m ²	+0,927	**	85,9	Y=-0,200 + 0,0101x
	liczba ziaren w kłosie	-0,099	-	0,9	---
	masa 1000 ziaren (g)	+0,791	**	62,6	Y=-6,34 + 0,217x
	masa ziarna z kłosa (g)	+0,467	**	21,8	Y=-0,525 + 4,37x
	długość kłosa (cm)	-0,427	*	18,2	Y=6,59 -0,433x
	długość źdźbła (cm)	0,065	-	0,4	---

Ocena zależności pomiędzy plonem ziarna a cechami biometrycznymi (tab. 18) w zależności od wariantów biostymulacji w warunkach kontrolnych była najsilniejsza dla liczby kłosów na m². Współczynnik korelacji wynosił 0,909, przy ponad 80% współczynnika determinacji. Zwiększenie liczby kłosów o 1 sztukę powoduje średnio przyrost plonu o 0,00649 t· ha⁻¹. Istotnie związana z plonem była również liczba ziaren w kłosie, przy współczynniku determinacji na poziomie 41,9 %. Długość kłosa oraz masa 1000 ziaren wykazały korelacje na nieco niższym poziomie 28,1 % oraz 17,3 %.

Długość źdźbła oraz masa ziarna kłosa nie były istotnie skorelowane z plonem. Współczynnik determinacji kształtowała się w zakresie od 4,5 do 7,1%.

Po aplikacji biostymulatora najwyższą korelację z plonem wykazała liczba kłosów na m² przy współczynniku determinacji 95,1%. Zwiększenie liczby kłosów o 1 sztukę powoduje średnio przyrost plonu o 0,00106 t· ha⁻¹. Wysoce istotna była również masa 1000 ziaren gdzie korelacja wynosiła 0,648 a współczynnik determinacji prawie 42%. Zwiększenie masy 1000 ziaren o 1 g powodowałoby średnio przyrost plonu o 0,281 t· ha⁻¹. Podobną korelacją na poziomie 0,533-0,540 wykazała masa ziarna z kłosa oraz długość źdźbła. Wartość współczynnika determinacji przy masie ziarna z kłosa wynosiła 28,4%, zaś przyrost plonu wynikający z równania regresji $Y = -4,09 + 8,344 x$ był najwyższy w porównaniu z pozostałymi komponentami plonu. Długość kłosa oraz liczba ziaren w kłosie nie były w sposób istotny skorelowane z plonem.

W przypadku wariantu z użyźniaczem brak korelacji z plonem wykazała długość kłosa oraz długość źdźbła gdzie współczynnik determinacji wynosił od 0,3 do 1,3 %. Natomiast najwyższą istotność odnotowano przy masie 1000 ziaren. Korelacja wynosiła 0,954 przy współczynniku determinacji 91 %. Wzrost masy 1000 ziaren o 1 g spowodowało wzrost plonu o 0,178 t· ha⁻¹. Również masa ziaren w kłosie w 83,2% wpływa na plon po aplikacji preparatem użyźniającym. Równanie regresji wykazuje największy przyrost plonu w porównaniu z pozostałymi komponentami plonu tj. 4,408 t· ha⁻¹, przy wzroście masy ziarna w kłosie o 1 g. Wysoki poziom istotności przy współczynniku determinacji mieszczącym się w przedziale 45-51% wykazała liczba kłosów na m² oraz liczba ziaren w kłosie.

Zależność pomiędzy plonem ziarna a cechami biometrycznymi przy wariacie biostymulatora (tab. 18) z użyźniaczem podobnie jak w przypadku innych wariantów stymulacji była najwyższy w przypadku masy 1000 ziaren. Korelacja wynosiła 0,965 a współczynnik determinacji ponad 93%. Zwiększenie masy ziaren o 1 sztukę powoduje średnio przyrost plonu o 0,275 t· ha⁻¹. Istotność wykazała również liczba kłosów na m² przy równie wysokiej korelacji na poziomie 0,913 %, natomiast współczynnik determinacji był niższy niż przy masie 1000 ziaren i wynosił ponad 83%.

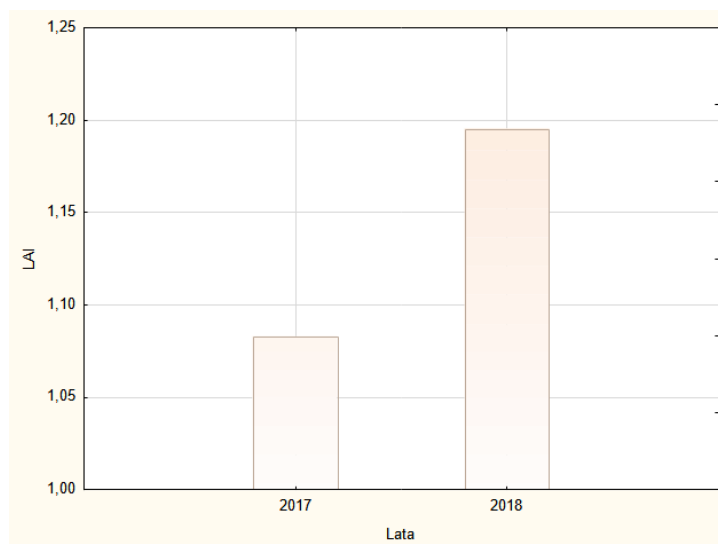
Tabela 18. Zależność pomiędzy plonem ziarna ($t \cdot ha^{-1}$), a jego strukturą i cechami biometrycznymi roślin w zależności od wariantów biostymulacji ($n=18$)

Wariant	Cecha	r	Istotność	r ² * 100	Równanie regresji
Kontrola	liczba kłosów na m ²	+0,909	**	82,6	Y=1,10 +0,060649x
	liczba ziaren w kłosie	-0,647	-	41,9	Y=9,56 + 0,280x
	masa 1000 ziaren (g)	+0,417	-	17,3	
	masa ziarna z kłosa (g)	-0,267	-	7,1	
	długość kłosa (cm)	+0,531	*	28,1	Y=7,22 + 0,498x
	długość źdźbła (cm)	-0,213	-	4,5	
Biostymulator	liczba kłosów na m ²	+0,975	**	95,1	Y=0,437 + 0,0106x
	liczba ziaren w kłosie	+0,066	-	0,4	
	masa 1000 ziaren (g)	+0,648	**	41,9	Y=-8,99 +0,281x
	masa ziarna z kłosa (g)	+0,533	*	28,4	Y=-4,09 +8,344x
	długość kłosa (cm)	-0,180	-	9,6	
	długość źdźbła (cm)	+0,540	*	29,6	Y=-0,260 +0,0710x
Użyźniacz	liczba kłosów na m ²	+0,676	**	45,7	Y=-2,55 +0,0165x
	liczba ziaren w kłosie	+0,71	**	50,4	Y=-1,09 + 0,260x
	masa 1000 ziaren (g)	+0,954	**	91,0	Y=-4,97 +0,178x
	masa ziarna z kłosa (g)	+0,912	**	83,2	Y=-0,792 + 4,408x
	długość kłosa (cm)	+0,053	-	0,3	
	długość źdźbła (cm)	-0,116	-	1,3	
Biostymulator + użyźniacz	liczba kłosów na m ²	+0,913	**	83,3	Y=-0,515 + 0,0106x
	liczba ziaren w kłosie	-0,062	-	0,4	
	masa 1000 ziaren (g)	+0,965	**	93,1	Y=-9,27 + 0,275x
	masa ziarna z kłosa (g)	+0,539	**	29,0	Y=-0,929 + 4,76x
	długość kłosa (cm)	-0,193	-	3,7	
	długość źdźbła (cm)	-0,309	-	9,5	

Masa ziarna z kłosa, jako komponentu plonu ziarna również była istotnie z nim związana. Zależność ta jednak była znacznie słabsza i współczynnik determinacji wynosił 29%. Podobnie jak w przypadku wariantu z użyźniaczem, po aplikacji biostymulatora z użyźniaczem, równanie regresji wykazuje najwyższy wzrost plonu. Zwiększenie masy ziaren z kłosa o 1g powoduje średnio przyrost plonu o 4,76 $t \cdot ha^{-1}$. Trzy pozostałe cechy, czyli liczba ziaren w kłosie oraz długość kłosa i źdźbła nie były istotnie skorelowane z plonem ziarna.

4.3. Pomiary fizjologiczne roślin

W okresie wegetacji określono parametry fizjologiczne roślin. Stosunek powierzchni liścia do gruntu, czyli wskaźnik pokrycia liścia LAI (Leaf Area Index) informuje o stopniu wykorzystania światła w łanie roślin przez roślinę.



Wykres 1. Wpływ lat na poziom LAI w jęczmieniu jarym w latach 2017-2018

Stwierdzono istotne różnice wpływu lat na wskaźnik parametru LAI w poszczególnych latach badań. W 2018, który charakteryzował się wyższą sumą opadów atmosferycznych stopień wykorzystania światła przez rośliny wynosił 1,19 i był wyższy o 9,2 % od wyniku w roku 2017. Łan roślin jęczmienia browarnego w sezonie wegetacyjnym z małą ilością opadów w 2017 rok, charakteryzował się obniżoną fotosyntezą, mniejszą powierzchnią liścia, krótszym kłosem, mniejszą liczbą kłosów na m² i najniższą masą tysiąca ziaren, co w efekcie przełożyło się na niski plon. Wskaźnik pokrycia liścia wynosił 1,08 (wyk. 1).

Z wykonanych badań wynika, że zarówno nawadnianie jak i stymulacja nie miały istotnego wpływu na analizowany parametr. Mimo braku statystycznie istotnego wzrostu zastosowanej biostymulacji zanotowano tendencje do wzrostu parametru LAI przy wariacie nawadnianym.

Tabela 19. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na wskaźnik pokrycia liścia LAI jęczmienia jarego, średnia z lat 2017-2018

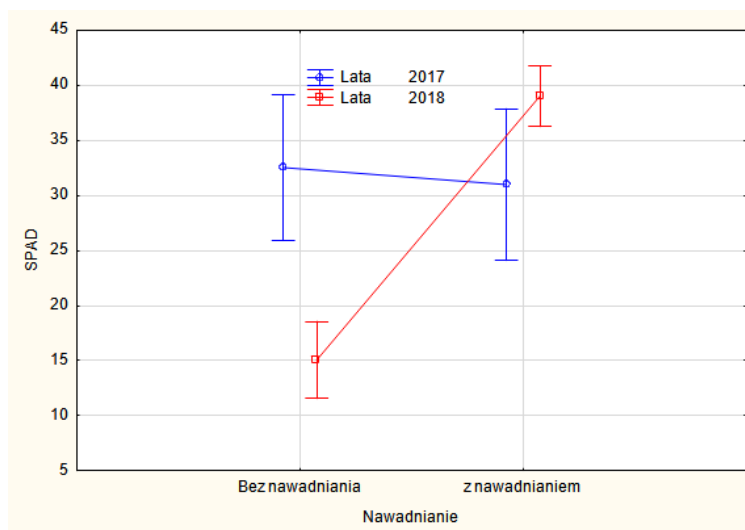
Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	1,19 <i>a</i> ^{1,2}	1,18 <i>a</i>	1,04 <i>a</i>	1,05 <i>a</i>	1,11 <i>a</i>
Z nawadnianiem	1,20 <i>a</i>	1,11 <i>a</i>	1,15 <i>a</i>	1,17 <i>a</i>	1,15 <i>a</i>
Średnia	1,19 <i>a</i>	1,14 <i>a</i>	1,09 <i>a</i>	1,11 <i>a</i>	1,13

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Miernik zawartości chlorofilu SPAD pozwala określić stan jakościowy roślin uprawnych, zredukować spadek plonów i ograniczyć kosztowną stymulację upraw.

Stwierdzono wysoce istotne różnice wpływu lat na wskaźnik parametru SPAD (wyk. 2). W roku 2017 odnotowano najwyższy wskaźnik SPAD na poziomie 31,76. W okresie wegetacji jęczmienia od marca do lipca suma opadów wynosiła 98,18 mm i była wyższa o 36,22 mm od wielolecia, co przełożyło się na stan plantacji. Rok 2018 charakteryzował się największą liczbą kłosów, liczbą ziaren w kłosie oraz masą 1000 nasion, co przełożyło się na wielkość plon natomiast poziom wskaźnika SPAD był niższy od roku poprzedniego o 4,72.



Wykres 2. Wpływ lat na poziom SPAD w jęczmieniu jarym w latach 2017-2018

Nawadnianie znacząco wpłynęło na poziom badanego parametru (tab. 19). Odczyt SPAD z nawadnianych roślin był na poziomie 35 jednostek, natomiast z

nienawadnianych był mniejszy o 32% (wyk. 3). W warunkach optymalnego zaopatrzenia w wodę rośliny mogą znacząco modyfikować fotosyntezę, współczynnik wykorzystania wody, co przekłada się na wielkość powierzchni liści i poziom chlorofilu.

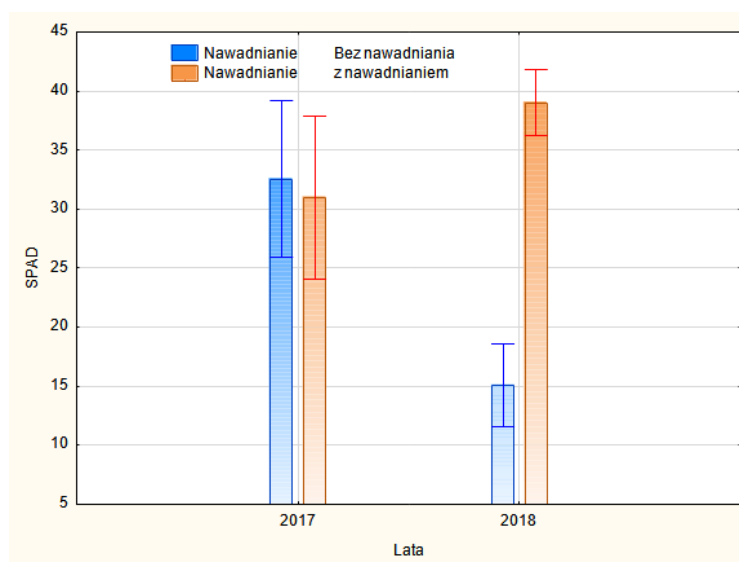
Tabela 20. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na indeks zazielenienia SPAD jęczmienia jarego, średnia z lat 2017-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	25,3 <i>b</i> ^{1,2}	26,9 <i>b</i>	21,9 <i>b</i>	20,9 <i>b</i>	23,8 <i>b</i>
Z nawadnianiem	31,8 <i>a</i>	35,9 <i>a</i>	37,2 <i>a</i>	34,9 <i>a</i>	35,0 <i>a</i>
Średnia	28,5 <i>b</i>	31,4 <i>a</i>	29,6 <i>a</i>	27,9 <i>b</i>	29,4

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Statystycznie istotny wzrost miernika SPAD odnotowano na poletkach po aplikacji biostymulatora, który wynosił 31,4 jednostki. Również po aplikacji użyźniacza rośliny jęczmienia browarnego wykazały wysoki poziom chlorofilu w badanych liściach. W warunkach kontrolnych oraz po kombinacji dwóch stymulatorów poziom chlorofilu był niższy.



Wykres 3. Wpływ nawadniania na poziom SPAD w jęczmienia jarego w latach 2017-2018

4.4. Analiza składu chemicznego gleby

Tabela 21. Ocena istotności dla składu chemicznego gleby, średnia z lat 2016-2018

Cechy	Rok	Nawadnianie	Stymulacja	Nawadnianie * Stymulacja	V%
pH w KCl	r.n.	r.n.	*	*	4,54
Azot (g N· kg ⁻¹)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	11,6
Fosfor przyswajalny (g P · kg ⁻¹)	**	*	**	**	2,80
Potas przyswajalny (mg K· kg ⁻¹)	**	**	**	**	12,2
Wapń wymienny (mg Ca· kg ⁻¹)	***	**	***	***	3,22
Magnez wymienny (mg Mg· kg ⁻¹)	**	**	**	**	7,22
Substancja organiczna (g·kg ⁻¹)	*	*	*	*	10,9

r.n. – różnica nieistotna

Tabela 22. Skład chemiczny gleby w latach 2016-2018

Cecha	Lata		
	2016	2017	2018
pH w KCl	6,31 a	6,54 a	6,44 a
Azot (g N· kg ⁻¹)	0,47 a	0,55 a	0,58 a
Fosfor przyswajalny (g P · kg ⁻¹)	40,1 b	59,7 a	57,7 a
Potas przyswajalny (mg K· kg ⁻¹)	97,0 b	140,5 a	144,6 a
Wapń wymienny (mg Ca· kg ⁻¹)	1004,4 b	1386,7 a	1354,6 a
Magnez wymienny (mg Mg· kg ⁻¹)	94,3 a	83,8 b	85,5 b
Substancja organiczna (g· kg ⁻¹)	28,4 a	20,9 b	22,0 b

Tabela 23. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na pH_{KCl}, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	6,38 <i>b</i> ^{1,2}	6,24 <i>a</i>	6,74 <i>a</i>	6,77 <i>a</i>	6,53 <i>a</i>
Z nawadnianiem	6,74 <i>a</i>	5,82 <i>b</i>	6,43 <i>a</i>	6,29 <i>a</i>	6,32 <i>a</i>
Średnia	6,56 <i>a</i>	6,03 <i>b</i>	6,58 <i>a</i>	6,53 <i>a</i>	6,42

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Na przestrzeni lat, nie stwierdzono istotnych różnic, odnośnie wartości odczynu gleby. Wartość pH kształtowała się w zakresie 6,31-6,54 (tab. 22). Ścisłość doświadczenia była na wysokim poziomie i wynosiła dla błędu 4,54 % (tab. 21).

Zastosowanie nawadniania, w średniej z trzech lat, nie spowodowało istotnej zmiany poziomu pH gleby w porównaniu do wariantu bez nawadniania. W obiekcie z biostymulatorem poziom pH był najniższy (6,03) w zestawieniu z kontrolą, użyźniaczem oraz biostymulator z użyźniaczem. W warunkach kontrolnych nawadnianie wpłynęło na wzrost poziomu pH gleby o 0,36 jednostki. Stwierdzono istotne współdziałanie nawadniania z biostymulatorem wpływające na obniżenie się odczynu gleby. Nie zaobserwowano współdziałania na pozostałych obiektach doświadczalnych (tab. 23)

Tabela 24. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość azotu ($\text{g N} \cdot \text{kg}^{-1}$), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	0,50 <i>a</i> ^{1,2}	0,51 <i>a</i>	0,55 <i>a</i>	0,55 <i>a</i>	0,53 <i>a</i>
Z nawadnianiem	0,59 <i>a</i>	0,45 <i>a</i>	0,60 <i>a</i>	0,52 <i>a</i>	0,54 <i>a</i>
Średnia	0,55 <i>a</i>	0,48 <i>a</i>	0,57 <i>a</i>	0,53 <i>a</i>	0,53

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości azotu w glebie na przestrzeni lat. W trzecim roku doświadczenia była najwyższa i wynosiła 0,58 $\text{g N} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby (tab. 22). Brak istotnego wpływu nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja na zawartość makroelementu w glebie. Współczynnik zmienności wyniósł 11,6 % (tab. 21).

Zastosowanie nawadniania, średnio z trzech lat, nie zmieniło istotnie zawartości azotu w glebie w porównaniu z wariantem bez nawadniania (tab. 24). W warunkach kontrolnych poziom azotu, jak również we wszystkich wariantach stymulacji poziom azotu nie uległ istotnej zmianie. Interakcja pomiędzy nawadnianiem a wariantami stymulacji w przypadku azotu, nie była istotna.

Tabela 25. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość fosforu (g P· kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	47,2 <i>b</i> ^{1,2}	47,9 <i>a</i>	60,7 <i>a</i>	57,0 <i>a</i>	53,2 <i>a</i>
Z nawadnianiem	67,3 <i>a</i>	32,9 <i>b</i>	50,1 <i>b</i>	57,1 <i>a</i>	51,8 <i>b</i>
Średnia	57,2 <i>a</i>	40,4 <i>b</i>	55,4 <i>b</i>	57,1 <i>a</i>	52,5

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotne różnice wpływu na zawartość fosforu w glebie w poszczególnych latach badań. Najniższy poziom odnotowano w 2016 roku (tab. 22). Istotny wpływ na zawartość fosforu miał wariant nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja. Ścisłość doświadczenia była na wysokim poziomie i wynosiła dla błędu 2,80 % (tab. 21).

Zastosowanie nawadniania, w średniej z trzech lat, spowodowało obniżenie zasobności gleby w fosfor w porównaniu z wariantem bez nawadniania. W warunkach kontrolnych oraz po aplikacji biostymulatora z użyźniaczem poziom fosforu był wyższy w porównaniu z wariantem biostymulator i użyźniacz. Nie stwierdzono współdziałania pomiędzy nawadnianiem a biostymulatorem z użyźniaczem. W warunkach kontrolnych nawadnianie wpłynęło na znaczącą poprawę zawartości fosforu w glebie z poziomu 47,2 do 67,3 g P· kg⁻¹ (tab. 25).

Tabela 26. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość potasu (mg K· kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	137,1 <i>b</i> ^{1,2}	128,4 <i>a</i>	103,6 <i>b</i>	113,9 <i>b</i>	120,8 <i>b</i>
Z nawadnianiem	139,3 <i>a</i>	99,7 <i>b</i>	166,7 <i>a</i>	130,1 <i>a</i>	134,0 <i>a</i>
Średnia	138,2 <i>a</i>	114,1 <i>b</i>	135,2 <i>a</i>	122,0 <i>b</i>	127,4

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotne zróżnicowanie koncentracji potasu przyswajalnego w glebie w poszczególnych latach badań (tab. 22). Najwyższą zawartość tego makroskładnika – 144,6 mg· kg⁻¹ stwierdzono w ostatnim roku doświadczenia, była ona

wyższa o 47,6 mg K· kg⁻¹ w porównaniu do poziomu zaobserwowanego w pierwszym roku doświadczenia . Współczynnik zmienności wyniósł 12,2 % (tab. 21).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, spowodowało zwiększenie potasu w porównaniu z wariantem kontrolnym bez nawadniania. Podobnie, po aplikacji użyźniacza oraz biostymulatora z użyźniaczem, poziom potasu w glebie był wyższy w porównaniu do danych z obiektów z biostymulatorem. Zaobserwowano istotne współdziałanie pomiędzy nawadnianiem a wariantem stymulacji. Na obiektach kontrolnych, z użyźniaczem oraz biostymulatorem z użyźniaczem nawadnianie zwiększyło zawartość potasu w glebie odpowiednio o 2,2, 63,1 i 16,2 mg· kg⁻¹. Nie stwierdzono istotnego współdziałania na obiektach nawadnianych z dodatkiem biostymulatora (tab. 26).

Tabela 27. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość wapnia wymiennego (mg Ca· kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	1002,0 b ^{1,2}	974,3 a	1550,5 a	1740,2 a	1316,8 a
Z nawadnianiem	1633,6 a	799,8 b	1159,2 b	1128,9 b	1180,4 b
Średnia	1317,8 b	887,1 c	1354,9 a	1434,5 a	1248,6

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotne różnice wpływu lat na zawartość wapnia wymiennego w badanych próbach glebowych. W 2017 roku była ona większa i wynosiła 1386,7 mg Ca· kg⁻¹. W porównaniu, z danymi z 2016 roku, poziom wapnia w glebie był wyższy o 38,1% (tab. 22). Ścisłość doświadczenia była na wysokim poziomie i wynosiła dla błędu 3,22% (tab. 21). Niezależnie od roku badań oraz wariantu stymulacji nawadnianie zmniejszyło zawartość wapnia wymiennego w porównaniu z wariantem bez nawadniania, o 136,4 mg Ca· kg⁻¹. Spośród wariantów stymulacji istotnie najwyższą zawartością wapnia wymiennego w glebie charakteryzowały się warianty z biostymulatorem i użyźniaczem oraz samym użyźniaczem, odpowiednio 1434 i 1354,9 mg Ca· kg⁻¹. Najmniej wapnia wymiennego było w glebie pobranej z wariantu z biostymulatorem – 887,1 mg Ca· kg⁻¹. Stwierdzono wysoce istotne współdziałanie nawadniania z wariantem stymulacji na koncentrację wapnia wymiennego w warstwie ornej gleby. W każdym wariantcie stymulacji zastosowanie nawadniania obniżyło zawartość wapnia wymiennego. Odmienna reakcja wystąpiła na

obiekcie kontrolnym, gdzie nawadnianie zwiększyło jego koncentrację w porównaniu do obiektu bez nawadniania o 631,6 mg Ca kg⁻¹ – 63,0 % (tab. 27).

Tabela 28. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość magnezu wymiennego w glebie (mg Mg · kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	91,5 <i>a</i> ^{1,2}	91,9 <i>a</i>	96,9 <i>a</i>	87,8 <i>a</i>	92,0 <i>a</i>
Z nawadnianiem	75,1 <i>b</i>	75,2 <i>b</i>	97,5 <i>a</i>	87,1 <i>a</i>	83,7 <i>b</i>
Średnia	83,2 <i>b</i>	83,5 <i>b</i>	97,2 <i>a</i>	87,4 <i>b</i>	87,85

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne różnice w zawartości magnezu wymiennego w glebie w poszczególnych latach doświadczenia. W 2016 poziom zasobności magnezu wymiennego był najwyższy- 94,3 mg Mg · kg⁻¹ , w porównaniu do lat 2017 i 2018 był on większy odpowiednio o 10,5 i 8,8 mg Mg · kg⁻¹ czyli 11,2 i 9,4% (tab. 22). Ścisłość doświadczenia była na wysokim poziomie i wynosiła dla błędu 7,22 % (tab. 21). Niezależnie od roku badań oraz wariantu stymulacji nawadnianie zmniejszyło zawartość magnezu wymiennego w glebie, w porównaniu z wariantem bez nawadniania o 8,3 mg Mg · kg⁻¹ –9,1%. Spośród wariantów stymulacji istotnie najwyższą zawartością magnezu wymiennego w glebie charakteryzował się wariant z użyźniaczem 97,2 mg Mg · kg⁻¹.

Stwierdzono istotne współdziałanie nawadniania z wariantem stymulacji na koncentrację magnezu wymiennego w glebie. W wariantach z biostymulatorem i kontrolnym zastosowanie nawadniania obniżyło zawartość wapnia wymiennego. Nie stwierdzono istotnego oddziaływania nawadniania na koncentrację magnezu wymiennego w glebie, w pozostałych wariantach stymulacji w porównaniu do tych samych, ale bez nawadniania (tab. 28).

Tabela 29. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość substancji organicznej ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	25,2 <i>a</i> ^{1,2}	26,0 <i>a</i>	22,0 <i>a</i>	25,6 <i>a</i>	24,7 <i>a</i>
Z nawadnianiem	23,6 <i>b</i>	22,2 <i>b</i>	21,6 <i>a</i>	23,7 <i>b</i>	22,8 <i>b</i>
Średnia	24,4 <i>a</i>	24,1 <i>a</i>	21,8 <i>b</i>	24,6 <i>a</i>	23,7

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne różnice w zawartości substancji organicznej w glebie w poszczególnych latach doświadczenia. W 2016 poziom substancji organicznej był najwyższy $28,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, w porównaniu do lat 2017 i 2018 był on większy odpowiednio o 7,5 i $6,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ czyli 26,5% i 22,6% (tab. 22). Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 10,9 % (tab. 21).

Niezależnie od roku badań oraz wariantu stymulacji nawadnianie zmniejszyło zawartość substancji organicznej w glebie, w porównaniu z wariantem bez nawadniania o $1,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ -7,7 %. Spośród wariantów stymulacji istotnie najniższą zawartość substancji organicznej w glebie, w porównaniu do pozostałych wariantów, charakteryzował się wariant z użyźniaczem $21,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Stwierdzono istotne współdziałanie nawadniania z wariantem stymulacji na koncentrację substancji organicznej w glebie. W wariacie kontrolnym, z biostymulatorem oraz z biostymulatorem i użyźniaczem zastosowanie nawadniania obniżyło koncentracje substancji organicznej. Nie stwierdzono istotnego oddziaływania nawadniania na koncentracje substancji organicznej w glebie w wariacie w użyźniaczem (tab. 29).

4.5. Analiza chemiczna i fizykochemiczna ziarna jęczmienia jarego

W tabeli 30 przedstawiono istotność oddziaływania ze strony badanych czynników, natomiast w tabeli 32 przedstawiono – średnie dla lat badań – kształtowanie się składu chemicznego ziarna jęczmienia jarego.

Stwierdzono istotne zróżnicowanie ilości azotu w ziarnie jęczmienia w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 32). Największą koncentrację azotu odnotowano w 2018 roku – $23,8 \text{ g N} \cdot \text{kg}^{-1}$, natomiast najmniejszą w 2017 roku – $16,6 \text{ g N} \cdot \text{kg}^{-1}$, w 2016 roku zawartość azotu w ziarnie wynosiła $19,1 \text{ g N} \cdot \text{kg}^{-1}$. Różnica

pomiędzy latami wynosiła odpowiednio 7,2 g N · kg⁻¹ (30,3%) oraz 4,7 g N · kg⁻¹ (19,8%). Istotny wpływ na zawartość azotu miały również warianty stymulacji oraz ich interakcja z nawadnianiem. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu nawadniania. Współczynnik zmienności wyniósł 4,21% (tab. 31). W warunkach kontrolnych poziom azotu tj. 20,8%, był wyższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji. W przypadku azotu, interakcja pomiędzy nawadnianiem a użyźniaczem nie wykazała interakcji.

Tabela 30. Ocena istotności chemicznych i fizykochemicznych parametrów ziarna jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Cechy	Rok	Nawadnianie	Stymulacja	Nawadnianie * Stymulacja	V %
Azot (g N · kg ⁻¹)	***	r.n.	*	*	4,21
Fosfor (g P · kg ⁻¹)	**	r.n.	*	r.n.	6,44
Potas (mg K · kg ⁻¹)	**	r.n.	r.n.	*	2,03
Wapń (mg Ca · kg ⁻¹)	***	*	**	**	10,0
Magnez (Mg mg · kg ⁻¹)	**	**	*	*	2,48
Żelazo (mg Fe · kg ⁻¹)	***	*	*	*	11,1
Cynk (mg Zn · kg ⁻¹)	***	r.n.	*	*	6,15
Mangan (mg Mn · kg ⁻¹)	*	*	*	*	14,5
Sód (mg Na · kg ⁻¹)	***	r.n.	*	*	16,3
Wilgotność (%)	*	r.n.	r.n.	r.n.	3,09
Białko (%)	***	r.n.	*	r.n.	4,97
Gęstość ziarna w stanie zsypanym (kg · hl ⁻¹)	**	r.n.	*	**	5,24
Wyrównanie (%)	**	**	r.n.	*	4,14

r.n. – różnica nieistotna

Tabela 31. Parametry chemiczne i fizykochemiczne ziarna jęczmienia jarego, w latach 2016-2018

Cechy	Lata		
	2016	2017	2018
Azot (g N · kg ⁻¹)	19,1 b	16,6 c	23,8 a
Fosfor (g P · kg ⁻¹)	4,47 a	4,53 a	3,24 b
Potas (mg K · kg ⁻¹)	4,00 b	5,18 a	4,10 b
Wwapń (mg Ca · kg ⁻¹)	355 a	157 c	297 b
Magnez (Mg mg · kg ⁻¹)	1086 a	1041 b	1083 a
Żelazo (mg Fe · kg ⁻¹)	60,7 a	30,0 b	41,3 b
Cynk (mg Zn · kg ⁻¹)	55,7 a	28,7 c	41,3 b
Mangan (mg Mn · kg ⁻¹)	7,20 b	10,8 a	9,08 b
Sód (mg Na · kg ⁻¹)	39,4 c	68,3 b	85,3 a
Wilgotność (%)	12,2 b	12,4 b	13,5 a
Białko (%)	12,2 b	10,6 c	14,8 a
Gęstość ziarna w stanie zsypanym (kg · hl ⁻¹)	62,4 b	60,9 b	66,4 a
Wyrównanie (%)	90,5 a	84,4 b	84,2 b

Tabela 32. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość azotu (g N · kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	21,4 <i>a</i> ^{1,2}	19,1 <i>b</i>	19,1 <i>a</i>	19,0 <i>b</i>	19,6 <i>a</i>
Z nawadnianiem	20,5 <i>b</i>	20,4 <i>a</i>	19,4 <i>a</i>	20,0 <i>a</i>	20,1 <i>a</i>
Średnia	20,8 <i>a</i>	19,7 <i>b</i>	19,3 <i>b</i>	19,5 <i>b</i>	19,8

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji (tab. 32). Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator z użyźniaczem lub tylko biostymulator, ziarno miało większą zawartość azotu, odpowiednio o 1,0 i 1,3 g N · kg⁻¹. Zastosowanie użyźniacza, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na koncentrację azotu. Na obiektach kontrolnych zawartość azotu istotnie się obniżyła o 0,9 g N · kg⁻¹ w porównaniu do obiektu nienawadnianego.

Tabela 33. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość fosforu (g P· kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	4,11 <i>a</i> ^{1,2}	4,01 <i>a</i>	3,91 <i>a</i>	4,14 <i>a</i>	4,04 <i>a</i>
Z nawadnianiem	4,16 <i>a</i>	4,17 <i>a</i>	4,00 <i>a</i>	4,15 <i>a</i>	4,12 <i>a</i>
Średnia	4,13 <i>a</i>	4,09 <i>a</i>	3,95 <i>b</i>	4,14 <i>a</i>	4,08

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Wpływ lat na zawartość fosforu w ziarnie jęczmienia jarego był wysoce istotny w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 31). Największą zawartość fosforu w ziarnie odnotowano w 2017 roku – 4,53 g P· kg⁻¹, natomiast najmniejszą w 2018 roku – 3,24 g P· kg⁻¹. W 2016 roku zawartość fosforu była zbliżona do tej z roku 2017 i wynosiła 4,47 g P· kg⁻¹. Istotny wpływ na zawartość fosforu miał również wariant stymulacji (tab. 33). Zastosowanie użyźniacza miało istotny wpływ na obniżenie koncentracji fosforu. Zawartość obniżyła się do poziomu 3,95 g P· kg⁻¹. Na pozostałych obiektach nie stwierdzono istotnego wpływu nawadniania oraz współdziałania stymulacji z nawadnianiem. Współczynnik zmienności wyniósł 6,44 % (tab. 30).

Tabela 34. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość potasu (mg K· kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	4,30 <i>a</i> ^{1,2}	4,23 <i>b</i>	4,45 <i>a</i>	4,35 <i>a</i>	4,33 <i>a</i>
Z nawadnianiem	4,46 <i>a</i>	4,70 <i>a</i>	4,50 <i>a</i>	4,44 <i>a</i>	4,52 <i>a</i>
Średnia	4,38 <i>a</i>	4,46 <i>a</i>	4,47 <i>a</i>	4,40 <i>a</i>	4,42

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości potasu w ziarnie w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 31). Najwyższą koncentrację odnotowano w 2017 roku – 5,18 mg K· kg⁻¹, natomiast najniższą w 2016 roku wynoszącą 4,00 mg K· kg⁻¹. Zbliżony poziom wykazano w 2018 roku – 4,1 mg K· kg⁻¹. Różnica pomiędzy latami wynosiła odpowiednio 1,18 g K· kg⁻¹ (22,7%) oraz 1,09 g K· kg⁻¹ (20,8%).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, nie wpłynęła na zwiększenie zawartości potasu w ziarnie jęczmienia w porównaniu z wariantem bez nawadniania

(tab. 34). Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 2,03 % (tab. 30). Z wykonanych badań wynika, że zarówno nawadnianie jak i stymulacja nie miały istotnego wpływu na analizowany parametr. Mimo braku, statystycznie istotnego, wzrostu po zastosowaniu biostymulatora, zanotowano tendencje do wzrostu zawartości potasu przy wariacie nawadnianym, który wynosił 4,70 g K· kg⁻¹.

Tabela 35. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość wapnia (mg· kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	238 <i>b</i> ^{1,2}	275 <i>b</i>	256 <i>b</i>	279 <i>a</i>	262 <i>b</i>
Z nawadnianiem	295 <i>a</i>	300 <i>a</i>	276 <i>a</i>	237 <i>b</i>	277 <i>a</i>
Średnia	267 <i>b</i>	287 <i>a</i>	266 <i>b</i>	258 <i>b</i>	269

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości wapnia w ziarnie w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 31). Najwyższy poziom odnotowano w 2016 roku – 355 mg Ca· kg⁻¹, natomiast najniższy w 2017 roku i wyniósł 157 mg Ca· kg⁻¹. Różnica w zawartości wapnia, pomiędzy dwoma latami, wynosiła 55,7%. Zawartość wapnia w roku 2018 była na poziomie 297 mg Ca · kg⁻¹. Istotny wpływ na zawartość wapnia miał wariant nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja. Współczynnik zmienności wyniósł 10,0 % (tab. 30).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, spowodowało zwiększenie koncentracji wapnia w porównaniu z wariantem bez nawadniania, które była niższe o 15 mg Ca ·kg⁻¹ (tab. 36). Aplikacja biostymulatora wpłynęła na zwrot zawartości wapnia w ziarnie jęczmienia. Był wyższy w porównaniu z warunkami kontrolnymi o 20 mg Ca ·kg⁻¹. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator i użyźniacz ziarno miało większą zawartość wapnia, odpowiednio o 25 i 20 mg Ca · kg⁻¹. Zastosowanie biostymulator z użyźniaczem, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na koncentrację wapnia w ziarnie jęczmienia. Na obiektach kontrolnych odnotowano podwyższenie koncentracji wapnia o 57 mg Ca· kg⁻¹ w porównaniu do danych z obiektu nie nawadnianego (tab. 35).

Tabela 36. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość magnezu (mg Mg ·kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	1070 <i>b</i> ^{1,2}	1066 <i>b</i>	1064 <i>b</i>	1036 <i>b</i>	1059 <i>b</i>
Z nawadnianiem	1096 <i>a</i>	1086 <i>a</i>	1100 <i>a</i>	1045 <i>a</i>	1082 <i>a</i>
Średnia	1083 <i>a</i>	1076 <i>b</i>	1082 <i>a</i>	1040 <i>b</i>	1070

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Wykazano wpływ lat na zmiany zawartości magnezu w ziarnie jęczmienia jarego (tab. 31). Najwyższy poziom odnotowano w roku 2016-1086 mg Mg·kg⁻¹ oraz 2018 - 1083 mg Mg·kg⁻¹, natomiast najniższy w 2017 roku, który wynosił 1041 mg Mg·kg⁻¹. Różnica pomiędzy wartościami w latach wynosiła odpowiednio 45 i 42 mg Mg·kg⁻¹. Istotny wpływ na zawartość magnezu miały również wariant nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 2,48 % (tab. 30).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, spowodowało zwiększenie zawartości magnezu w ziarnie jęczmienia w porównaniu z wariantem bez nawadniania o 23 mg Mg·kg⁻¹ (tab. 36). W warunkach kontrolnych oraz po zastosowaniu użyźniacza poziom magnezu tj. 1082-1083 mg Mg·kg⁻¹, był najwyższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano stymulatory ziarno miało większą zawartość magnezu, odpowiednio o 26,20, 36 i 9 mg Mg·kg⁻¹.

Tabela 37. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość żelaza (mg Fe ·kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	42,7 <i>b</i> ^{1,2}	42,9 <i>a</i>	48,7 <i>a</i>	43,2 <i>b</i>	44,4 <i>a</i>
Z nawadnianiem	46,2 <i>a</i>	40,6 <i>b</i>	43,2 <i>b</i>	44,3 <i>a</i>	43,6 <i>b</i>
Średnia	44,5 <i>a</i>	41,7 <i>b</i>	45,9 <i>a</i>	43,8 <i>b</i>	44,0

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotne różnice wpływu lat na zawartość żelaza w ziarnie jęczmienia w poszczególnych latach badań (tab. 31). Najwyższą koncentrację żelaza

odnotowano w 2016 roku- 60,7 mg Fe· kg⁻¹ , natomiast najniższą w 2017 roku, 30 mg Fe· kg⁻¹. Zawartość żelaza w ziarnie w roku 2018 wynosiła ponad 41 mg Fe· kg⁻¹ i była o 32% niższa niż w roku 2016. Istotny wpływ na zawartość żelaza miały również wariant nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja. Współczynnik zmienności wyniósł 11,12 % (tab. 30).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, spowodowała zmniejszenie zawartości żelaza w ziarnie jęczmienia w porównaniu z wariantem bez nawadniania o 0,8 mg Fe· kg⁻¹ (tab. 37). W warunkach kontrolnych oraz po zastosowaniu użyźniacza poziom żelaza tj. od 44,5 do 45,9 mg Fe· kg⁻¹, był najwyższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji. Interakcja pomiędzy nawadnianiem a biostymulatorem z użyźniaczem oraz w warunkach kontrolnych wykazała interakcji w przypadku żelaza. Różnica wynosiła odpowiednio o 1,1 i 3,5 mg Fe· kg⁻¹. Zastosowanie każdego ze stymulatorów w osobnych aplikacjach, nie miało istotnego wpływu na koncentrację badanego parametru.

Tabela 38. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość cynku (mg Zn· kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	42,7 <i>a</i> ^{1,2}	42,9 <i>a</i>	42,0 <i>b</i>	39,8 <i>a</i>	41,9 <i>a</i>
Z nawadnianiem	42,9 <i>a</i>	40,6 <i>b</i>	43,2 <i>a</i>	41,0 <i>a</i>	41,9 <i>a</i>
Średnia	42,8 <i>a</i>	41,7 <i>b</i>	42,6 <i>a</i>	40,4 <i>b</i>	41,9

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości cynku w ziarnie w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 31) Największą koncentrację badanego mikroelementu odnotowano w 2016 roku – 55,7 mg Zn ·kg⁻¹, natomiast najmniejszą w 2017 roku – 28,7 mg Zn ·kg⁻¹ , różnica pomiędzy latami wynosiła 48,4%. W 2018 roku zawartość cynku w ziarnie wynosiła 41,3 mg Zn· kg⁻¹.

Istotny wpływ na zawartość cynku miały również warianty stymulacji oraz ich interakcja stymulacji z nawadnianiem. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu nawadniania. Współczynnik zmienności wyniósł 6,15 % (tab. 30). W warunkach kontrolnych poziom cynku tj. 42,8 mg Zn ·kg⁻¹, był wyższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji (tab. 38). Również aplikacja użyźniacza wpłynęła istotnie za wzrost badanego parametru. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania

i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano użyźniacz ziarno miało większą zawartość cynku, odpowiednio o 1,2 mg Zn· kg⁻¹. Zastosowanie pozostałych stymulatorów, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na koncentrację cynku.

Tabela 39. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość manganu (mg Mn· kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	8,43 b ^{1,2}	8,86 b	9,31 a	7,29 b	8,48 b
Z nawadnianiem	9,38 a	10,0 a	8,89 b	9,95 a	9,59 a
Średnia	8,91 b	9,46 a	9,16 a	8,62 b	9,03

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości manganu w ziarnie w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 31). Największą koncentrację odnotowano w 2017 roku – 10,8 mg Mn ·kg⁻¹, natomiast najmniejszą w 2016 roku – 7,2 g Mn ·kg⁻¹, w 2018 roku zawartość manganu w ziarnie wynosiła 9,08 mg Mn· kg⁻¹. Różnica pomiędzy latami wynosiła odpowiednio 1,72 mg Mn· kg⁻¹ (16 %) oraz 3,6 mg Mn ·kg⁻¹ (33,3 %). Istotny wpływ na zawartość manganu miały również warianty stymulacji, nawadniania oraz ich interakcja. Współczynnik zmienności wyniósł 14,54 % (tab. 30).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, spowodowało zwiększenie zawartości manganu w ziarnie jęczmienia w porównaniu z wariantem bez nawadniania o 1,11 mg· kg⁻¹. Po aplikacji biostymulatora oraz użyźniacza poziom manganu tj. 9,46 i 9,16 mg Mn· kg⁻¹, był najwyższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator oraz biostymulator z użyźniaczem ziarno miało większą zawartość manganu, odpowiednio o 1,14 i 2,66 mg· kg⁻¹. Zastosowanie użyźniacza, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na koncentrację manganu w ziarnie. Na obiektach kontrolnych zawartość manganu wzrosła o 0,95 mg Mn· kg⁻¹ w porównaniu do obiektu nienawadnianego (tab. 39).

Tabela 40. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość sodu (mg Na·kg⁻¹), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	59,3 <i>b</i> ^{1,2}	64,8 <i>a</i>	64,2 <i>a</i>	67,5 <i>a</i>	64,0 <i>a</i>
Z nawadnianiem	64,6 <i>a</i>	65,2 <i>a</i>	65,6 <i>a</i>	63,4 <i>b</i>	64,7 <i>a</i>
Średnia	62,0 <i>b</i>	65,0 <i>a</i>	64,9 <i>a</i>	65,5 <i>a</i>	64,3

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotne różnice w zawartości sodu w ziarnie jęczmienia na przestrzeni badanych lat (tab. 31). W ostatnim roku doświadczenia zawartość sodu w ziarnie była najwyższa i wynosiła 85,3 mg Na· kg⁻¹. Najniższą koncentrację odnotowano w 2016 roku– 39,4 mg Na· kg⁻¹, natomiast rok 2017 wykazał poziom 68,3 mg Na· kg⁻¹. Różnica pomiędzy latami wynosiła odpowiednio 45,9 mg Na· kg⁻¹ (53,8%) oraz 17 mg Na ·kg⁻¹ (19,9%).

Istotny wpływ na zawartość azotu miały również warianty stymulacji oraz ich interakcja z nawadnianiem. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu nawadniania. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 16,3 % (tab. 30). W warunkach kontrolnych poziom sodu tj. 62,0 mg Na· kg⁻¹, był najniższy w zestawieniu ze wszystkimi. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji (tab. 40). Na obiektach nie nawadnianych, na których zastosowano biostymulator z użyźniaczem ziarno miało większą zawartość sodu o 4,1 mg Na ·kg⁻¹. Zastosowanie pozostałych stymulatorów, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na koncentrację badanego parametru. Natomiast w warunkach kontrolnych nawadnianie wpłynęło na podniesienie poziomu sodu w ziarnie jęczmienia o 5,3 mg Na ·kg⁻¹.

Tabela 41. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na poziom wilgotności (%), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	12,6 <i>a</i> ^{1,2}	12,7 <i>a</i>	12,9 <i>a</i>	12,7 <i>a</i>	12,7 <i>a</i>
Z nawadnianiem	12,7 <i>a</i>	12,5 <i>a</i>	12,9 <i>a</i>	12,8 <i>a</i>	12,7 <i>a</i>
Średnia	12,7 <i>a</i>	12,6 <i>a</i>	12,9 <i>a</i>	12,7 <i>a</i>	12,7

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wpływ lat na poziom wilgotności ziarna jęczmienia jarego (tab. 31). W 2018 roku, który był rokiem o najwyższej sumie opadów, poziom wilgotności wyniósł 13,5%. W pozostałych lata doświadczeń wilgotność wahała się w przedziale 12,2-12,4%. Nie stwierdzono istotnego wpływu pozostałych czynników doświadczenia na badany parametr. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 3,09 % (tab. 30).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, nie wpłynęło na wilgotność ziarna jęczmienia w porównaniu z wariantem bez nawadniania. Brak interakcji pomiędzy stymulacją a parametrem wilgotności ziarna. Nie zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji (tab. 41).

Tabela 42. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość białka (%), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	13,0 <i>a</i> ^{1,2}	12,4 <i>a</i>	12,4 <i>a</i>	12,0 <i>a</i>	12,5 <i>a</i>
Z nawadnianiem	13,0 <i>a</i>	12,6 <i>a</i>	12,2 <i>a</i>	12,3 <i>a</i>	12,5 <i>a</i>
Średnia	13,2 <i>a</i>	12,5 <i>b</i>	12,3 <i>b</i>	12,2 <i>b</i>	12,5

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotny wpływ lat na zawartość białka w ziarnie jęczmienia browarnego. W latach 2016-2017 gdzie ilość opadów była optymalna poziom ilości białka spełniał normy browarne tj. 12,2 i 10,6 %. Natomiast w roku 2018 przekroczył dopuszczalną normę osiągając poziom 14,8 % (tab. 31). Istotny wpływ na poziom białka miał również wariant stymulacji. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu nawadniania oraz interakcji nawadniania ze stymulacją. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 4,97 % (tab. 30).

W warunkach kontrolnych poziom wilgotności tj. 13,2% był najwyższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji, które wahały się w przedziale 12,2-12,5%. Nie zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji (tab. 42).

Tabela 43. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na gęstość ziarna w stanie zsypanym ($\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	63,1 <i>a</i> ^{1,2}	61,9 <i>b</i>	64,7 <i>a</i>	62,8 <i>b</i>	63,1 <i>a</i>
Z nawadnianiem	62,5 <i>b</i>	63,1 <i>a</i>	62,8 <i>b</i>	64,9 <i>a</i>	63,3 <i>a</i>
Średnia	62,8 <i>b</i>	62,5 <i>b</i>	63,7 <i>a</i>	63,8 <i>a</i>	63,2

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne różnice wpływu lat na gęstość ziarna w stanie zsypanym w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 31). W roku 2018 wykazała najwyższy poziom osiągając $66,4 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$, natomiast najmniejszą w 2017 roku – $60,9 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$, w 2016 roku $62,4 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$. Różnica pomiędzy latami wynosiła odpowiednio $5,5 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ (8,3 %) oraz $4 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ (6,02 %). Istotny wpływ na gęstość ziarna miały również warianty stymulacji oraz ich interakcja z nawadnianiem. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu nawadniania. Współczynnik zmienności wyniósł 5,24 % (tab. 30).

Po aplikacji użyźniacza oraz użyźniacza z biostymulatorem gęstość ziarna tj. $63,7$ i $63,8 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ był wyższa w porównaniu z wariantem kontrolnym oraz wariantem z biostymulatorem. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator oraz biostymulator z użyźniaczem gęstość ziarna była wyższa, odpowiednio o $1,2$ i $2,1 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$. Zastosowanie użyźniacza, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na badany parametr. Na obiektach kontrolnych gęstość ziarna istotnie się obniżyła o $1,4 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$ w porównaniu do obiektu nienawadnianego (tab. 43).

Tabela 44. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na wyrównanie ziarna (%), średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	85,1 <i>b</i> ^{1,2}	85,3 <i>b</i>	86,5 <i>a</i>	84,8 <i>b</i>	85,4 <i>b</i>
Z nawadnianiem	88,3 <i>a</i>	87,2 <i>a</i>	86,1 <i>a</i>	87,7 <i>a</i>	87,3 <i>a</i>
Średnia	86,7 <i>a</i>	86,2 <i>a</i>	86,3 <i>a</i>	86,2 <i>a</i>	86,3

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne różnice wpływu lat na wyrównanie w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 31). Najlepsze wyrównanie odnotowano w 2016 roku na poziomie 90,5%, natomiast w latach 2017-2018 był na zbliżonym poziomie 84 %. Istotny wpływ na gęstość ziarna miały również warianty nawadniania oraz ich interakcja stymulacji z nawadnianiem. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu stymulacji. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 4,14 % (tab. 30).

Zastosowanie nawadniania (tab. 44), średnia z trzech lat, spowodowało poprawę wyrównania jęczmienia w porównaniu z wariantem bez nawadniania o 1,9%. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator oraz biostymulator z użyźniaczem wyrównanie było wyższe, odpowiednio o 1,9 i 2,9 %. Zastosowanie użyźniacza, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na badany parametr. Na obiektach kontrolnych gęstość istotnie wzrosła o 3,2 % w porównaniu do obiektu nienawadnianego.

4.6. Warunki słodowania i wartość parametrów technologicznych

Z wykonanych badań wynika, że na wilgotność zamoczki zarówno nawadnianie jak i stymulacja nie miały istotnego wpływu. Brak również interakcji pomiędzy wymienionymi czynnikami. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 3,74 % (tab. 45).

Nie stwierdzono istotnego zróżnicowanie analizowanego parametru w poszczególnych latach doświadczenia. Poziom wilgotności wynosił od 11,4 do 11,6 % (tab. 46).

Tabela 45. Ocena istotności dla parametrów jakościowych zamoczki (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Cechy	Rok	Nawadnianie	Stymulacja	Nawadnianie * Stymulacja	V %
Wilgotność (%)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	3,74
Białko (%)	***	r.n.	r.n.	r.n.	2,49

r.n. –różnica nieistotna

Tabela 46. Ocena wpływu lat na parametry jakościowe zamoczki

Cechy	Lata		
	2016	2017	2018
Wilgotność (%)	11,6 a	11,4 a	11,5 a
Białko (%)	13,4 b	13,5 b	14,8 a

Stwierdzono istotne różnice wpływu lat na poziom białka w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 46). Nie stwierdzono wpływu wariantu nawadniania, stymulacji oraz ich interakcji. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 2,49% (tab.45). Najwyższy poziom badanego parametru odnotowano w 2018 roku na poziomie 14,8% (tab. 46). Był on wyższy od danych z roku 2016 o 9,45%, a odnośnie od 2017 roku o 8,8 %.

Tabela 47. Ocena istotności dla analizy jakościowej zrzutki (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Cechy	Rok	Nawadnianie	Stymulacja	Nawadnianie * Stymulacja	V %
Wilgotność (%)	**	**	*	*	13,6
Ekstrakt w mące (%)	***	r.n.	r.n.	r.n.	1,45
Ekstrakt w śrucie (%)	***	r.n.	r.n.	r.n.	1,24
Rozluźnienie (%)	**	r.n.	**	**	12,2
Barwa brzezki (EBC)	***	*	*	*	10,1
Barwa po gotowaniu (EBC)	***	*	*	*	14,8
Klarowność (%)	***	r.n.	**	*	17,6
Lepkość (mPa×s)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	9,90
pH	***	r.n.	r.n.	r.n.	1,58
Białko (%)	***	r.n.	*	*	10,9
Liczba Kolbacha (%)	**	r.n.	*	*	5,11
Azot rozp.(mg ·100g ⁻¹)	**	**	**	**	1,61
Kruchość (%)	***	**	**	**	4,63
Szklistość pełna (%)	***	**	**	**	10,5
PUG [częściowo niezmodyfikowane ziarna/100 zarodków]	***	***	***	*	8,39

r.n. –różnica nieistotna

W warunkach kontrolnych poziom wilgotność tj. 6,88 %, był najwyższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji (tab. 49). Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nienawadnianych, na których zastosowano biostymulator z użyźniaczem lub tylko użyźniacz ziarno miało wyższą wilgotność, odpowiednio o 0,37 % i 0,47 %. Zastosowanie biostymulatora, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na badany parametr. Na obiektach kontrolnych wilgotność istotnie wzrosła o 1,44% w porównaniu do obiektu nawadnianego.

Tabela 48. Cechy browarne jęczmienia jarego w latach 2016-2018

Cechy	Lata		
	2016	2017	2018
Wilgotność (%)	5,73 b	6,24 ab	7,06 a
Ekstrakt w mące (%)	79,8 a	80,1 a	77,4 b
Ekstrakt w śrucie (%)	78,6 a	79,1 a	76,1 b
Rozluźnienie (%)	1,17 b	0,98 b	1,31 a
Barwa brzezki (EBC)	4,98 a	4,22 b	3,98 b
Barwa po gotowaniu (EBC)	8,58 a	6,9 b	5,66 c
Klarowność (%)	22,2 b	25,4 b	34,8 a
Lepkość (mPa×s)	1,58 a	1,55 a	1,53 a
pH	5,74 b	5,79 b	5,94 a
Białko (%)	12,4 b	12,9 ab	13,3 a
Liczba Kolbacha (%)	39,6 a	38,4 b	37,8 b
Azot rozpuszczalny (mg N· 100 g ⁻¹)	788,0 b	795,1 b	807,5 a
Kruchość (%)	77,2 a	69,0 b	48,8 c
Szklistość pełna (%)	0,65 c	3,28 b	14,1 a
PUG (częściowo niezmodyfikowane ziarna/100 zarodków)	2,60 b	6,71 b	12,6 a

Tabela 49. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na wilgotność ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	7,60 <i>a</i> ^{1,2}	6,35 <i>a</i>	6,33 <i>a</i>	6,40 <i>a</i>	6,70 <i>a</i>
Z nawadnianiem	6,16 <i>b</i>	6,06 <i>a</i>	5,86 <i>b</i>	6,03 <i>b</i>	6,03 <i>b</i>
Średnia	6,88 <i>a</i>	6,18 <i>b</i>	6,10 <i>b</i>	6,21 <i>b</i>	6,36

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne różnice zawartości ekstraktu w mące w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 48). Największą koncentrację ekstraktu odnotowano w 2017 roku – 80,0%, natomiast najmniejsza w 2018 roku – 77,4%, w 2016 roku zawartość ekstraktu w słodzie wynosiła 79,8%. Różnica pomiędzy latami wynosiła odpowiednio 2,68 % oraz 0,28 %. Nie odnotowano istotnego wpływu na poziom ekstraktu w mące wariantu stymulacji oraz interakcji z nawadnianiem. Nie stwierdzono również istotnego wpływu nawadniania. Ścisłość doświadczenia dla błędu wynosiła 1,45 % (tab. 47).

Tabela 50. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na ekstrakt w mące (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	79,9 <i>a</i> ^{1,2}	78,4 <i>a</i>	79,2 <i>a</i>	79,2 <i>a</i>	79,3 <i>a</i>
Z nawadnianiem	78,9 <i>a</i>	78,9 <i>a</i>	78,5 <i>a</i>	78,8 <i>a</i>	78,8 <i>a</i>
Średnia	79,4 <i>a</i>	78,7 <i>a</i>	78,9 <i>a</i>	79,0 <i>a</i>	79,0

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy wariantami stymulacji. Różnica pomiędzy wariantem kontrolnym a średnią z wariantów stymulacji była niewielka i wynosiła średnio poniżej 1 % (tab. 50).

Tabela 51. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na ekstrakt w śrucie (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	78,1 <i>a</i> ^{1,2}	77,7 <i>a</i>	78,3 <i>a</i>	78,1 <i>a</i>	78,0 <i>a</i>
Z nawadnianiem	77,5 <i>a</i>	77,6 <i>a</i>	77,9 <i>a</i>	77,7 <i>a</i>	77,7 <i>a</i>
Średnia	77,8 <i>a</i>	77,6 <i>a</i>	77,8 <i>a</i>	78,1 <i>a</i>	77,8

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości ekstraktu w śrucie jęczmienia jarego w poszczególnych latach doświadczenia (tab. 48). Najwyższą koncentrację odnotowano w 2017 roku – 79,1%, natomiast najniższą w 2018 roku wynoszącą 76,0%. Różnica pomiędzy latami wynosiła 3,1%. Odnotowano brak istotności wpływu nawadniania oraz stymulacji na badany parametr. Również interakcja wymienionych czynników nie wpłynęła istotnie na ekstrakt w śrucie. Ścisłość doświadczenia dla błędu wynosiła 1,24 % (tab. 47).

Z wykonanych badań wynika (tab. 51), że zarówno nawadnianie jak i stymulacja nie miały istotnego wpływu na analizowany parametr.

Tabela 52. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na rozluźnienie ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	1,83 <i>a</i> ^{1,2}	0,7 <i>b</i>	0,9 <i>a</i>	1,23 <i>b</i>	1,20 <i>a</i>
Z nawadnianiem	1,46 <i>b</i>	1,34 <i>a</i>	0,63 <i>b</i>	1,06 <i>b</i>	1,12 <i>a</i>
Średnia	1,65 <i>a</i>	1,08 <i>b</i>	0,76 <i>b</i>	1,15 <i>b</i>	1,16

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Wpływ lat na rozluźnienie ziarna był wysoce istotny w poszczególnych latach doświadczenia. W roku 2018 parametr jakościowy zamoczki był na poziomie 1,31%, natomiast najniższy poziom odnotowano w 2017 roku – 0,98%. Różnica pomiędzy latami wynosiła 0,33%. W 2016 roku badany parametr wyniósł 1,17% (tab. 48). Istotny wpływ na zawartość cynku miały również warianty stymulacji oraz ich interakcja stymulacji z nawadnianiem. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu nawadniania. Współczynnik zmienności wyniósł 12,2% (tab. 47).

W warunkach kontrolnych poziom rozluźnienia ziarna tj. 1,65%, był wyższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji. Aplikacja stymulatorów nie wpłynęła istotnie za wzrost badanego parametru (tab. 52). Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator rozluźnienie ziarna było wyższe o 0,64%. Zastosowanie pozostałych stymulatorów, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na badany parametr.

Tabela 53. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na barwę brzezki (ECB) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	4,36 <i>b</i> ^{1,2}	4,41 <i>a</i>	3,90 <i>b</i>	4,23 <i>a</i>	4,20 <i>b</i>
Z nawadnianiem	4,83 <i>a</i>	4,21 <i>a</i>	4,76 <i>a</i>	4,56 <i>a</i>	4,59 <i>a</i>
Średnia	4,60 <i>a</i>	4,28 <i>b</i>	4,33 <i>b</i>	4,40 <i>b</i>	4,40

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Wykazano wpływ lat na barwę brzezki jęczmienia jarego. Najwyższy poziom odnotowano w roku 2016 – 4,98 EBC, natomiast najniższy w 2018 roku, który wynosił

3,98 EBC i w 2017 roku – 4,22 EBC. Różnica pomiędzy latami wynosiła odpowiednio 1% oraz 0,76% (tab. 48). Istotny wpływ na barwę miały również wariant nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 10,14 % (tab. 47).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, miało znaczący wpływ na barwę brzezki w porównaniu z wariantem bez nawadniania gdzie różnica wyniosła 0,39. W warunkach kontrolnych odnotowano wysoki poziom badanego parametru tj. 4,6 EBC, który był najwyższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano użyźniacz oraz w warunkach kontrolnych, ziarno miało wyższy wynik odnośnie barwy brzezki, o odpowiednio 0,86% i 0,47% w porównaniu z nienawadnianym obiektem. Nie wykazano wpływu biostymulatora oraz jego kombinacji z użyźniaczem na barwę brzezki (tab. 53).

Tabela 54. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na barwę po gotowaniu (EBC) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	6,91 <i>b</i> ^{1,2}	7,71 <i>a</i>	6,61 <i>b</i>	6,61 <i>b</i>	6,88 <i>b</i>
Z nawadnianiem	7,83 <i>a</i>	6,53 <i>b</i>	7,46 <i>a</i>	7,03 <i>a</i>	7,21 <i>a</i>
Średnia	7,36 <i>a</i>	7,01 <i>a</i>	7,03 <i>a</i>	6,81 <i>b</i>	7,04

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Wykazano wpływ lat na barwę po gotowaniu jęczmienia jarego. Najwyższy poziom odnotowano w roku 2016 – 8,5 EBC, natomiast najniższy w 2018 roku, który wynosił 5,6 EBC. W roku 2017 roku wykazał poziom – 6,9 EBC. Różnica pomiędzy latami wynosiła odpowiednio 1,68 EBC oraz 2,92 EBC (tab. 48).

Istotny wpływ na barwę miały również wariant nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 14,8% (tab. 47).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, miało znaczący wpływ na barwę po gotowaniu w porównaniu z wariantem bez nawadniania gdzie różnica wyniosła 0,33%. W warunkach po aplikacji biostymulatora z użyźniaczem odnotowano niski poziom badanego parametru tj. 6,81 EBC, który był najniższy w zestawieniu ze

wszystkimi wariantami stymulacji. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano użyźniacz, kombinację stymulatorów oraz w warunkach kontrolnych, ziarno miało wyższy parametr barwy po gotowaniu, o odpowiednio 0,85%, 0,42% i 0,92% w porównaniu z nienawadnianym obiektem. Nie wykazano wpływu biostymulatora na barwę po gotowaniu (tab. 54).

Tabela 55. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na klarowność ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulat or	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	29,0 <i>a</i> ^{1,2}	26,6 <i>b</i>	26,2 <i>b</i>	29,3 <i>a</i>	27,9 <i>a</i>
Z nawadnianiem	26,2 <i>b</i>	28,6 <i>a</i>	30,7 <i>a</i>	23,6 <i>b</i>	27,2 <i>a</i>
Średnia	27,6 <i>a</i>	27,8 <i>a</i>	28,4 <i>a</i>	26,4 <i>b</i>	26,1

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie poziomu klarowności ziarna w poszczególnych latach doświadczenia. W roku 2018 parametr jakościowy zrzutki wyniósł 34,8%, natomiast w roku 2016 był najniższy wynosząc 22,1%. W roku 2017 odnotowano klarowność na poziomie 25,4% (tab. 48). Istotny wpływ na klarowność miały również warianty stymulacji oraz ich interakcja z nawadnianiem. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu nawadniania. Współczynnik zmienności wyniósł 17,6% (tab. 47).

Po aplikacji użyźniacza poziom klarowności był najwyższy tj. 28,4% w zestawieniu ze wszystkimi wariantami doświadczenia. Aplikacja dwóch stymulatorów jednocześnie nie wpłynęła istotnie na wzrost badanego parametru (tab. 55). Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator oraz użyźniacz klarowność ziarna było wyższe odpowiednio o 2% i 4,5%. Zastosowanie pozostałych stymulatorów, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na badany parametr.

Tabela 56. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na pH_{KCl} ziarna jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	5,82 <i>a</i> ^{1,2}	5,83 <i>a</i>	5,89 <i>a</i>	5,87 <i>a</i>	5,85 <i>a</i>
Z nawadnianiem	5,81 <i>a</i>	5,78 <i>a</i>	5,82 <i>a</i>	5,78 <i>a</i>	5,80 <i>a</i>
Średnia	5,81 <i>a</i>	5,80 <i>a</i>	5,85 <i>a</i>	5,83 <i>a</i>	5,82

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie w poziomie pH zrzutki w poszczególnych latach doświadczenia. W roku 2018 parametr jakościowy zrzutki wynosił 5,94, gdzie w latach 2016 i 2017 osiągnął zbliżony poziom 5,74 i 5,79 (tab. 48). Nie stwierdzono również istotnego wpływu pozostałych czynników doświadczenia na badany parametr. Ścisłość doświadczenia dla błędu wynosiła 1,58%.

Z wykonanych badań wynika, że zarówno nawadnianie jak i stymulacja nie miały istotnego wpływu na analizowany parametr (tab. 47). Mimo braku statystycznie istotnego wzrostu po zastosowaniu użyźniacza, zanotowano tendencje do wzrostu lepkości ziarna przy wariacie nienawadnianym, który wyniósł 5,89 (tab. 56).

Tabela 57. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na białko ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	12,8 <i>a</i> ^{1,2}	12,7 <i>b</i>	12,5 <i>a</i>	12,7 <i>a</i>	12,7 <i>a</i>
Z nawadnianiem	13,0 <i>a</i>	13,3 <i>a</i>	12,8 <i>a</i>	12,7 <i>a</i>	13,0 <i>a</i>
Średnia	12,9 <i>a</i>	13,1 <i>a</i>	12,7 <i>a</i>	12,8 <i>a</i>	12,8

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotny wpływ lat na poziom białka w ziarnie. Najwyższy poziom odnotowano w 2018 roku – 13,3%, natomiast najniższy w 2016 roku i wyniósł 12,4%. Różnica w zawartości białka, pomiędzy dwoma latami, wynosiła 0,9%. Zawartość białka w roku 2017 była na poziomie 12,9% (tab. 48). Istotny wpływ na zawartość białka miał wariant stymulacji oraz jego interakcja z nawadnianiem. Brak wpływu nawadniania na poziom białka w ziarnie. Współczynnik zmienności wynosił 10,9% (tab. 47).

Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i stymulacji jedynie w przypadku aplikacji biostymulatora, gdzie poziom białka wynosił 13,3%. Zanotowano tendencję wzrostową badanego parametru, w porównaniu do wariantu nienawadnianego o 0,6% (tab. 57).

Tabela 58. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na liczbę Kolbacha ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	37,0 b^{1,2}	39,8 a	38,7 b	39,9 a	38,7 a
Z nawadnianiem	38,4 a	38,3 b	39,1 a	38,2 b	38,5 a
Średnia	37,7 b	38,9 a	38,9 a	39,0 a	38,6

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono istotne zróżnicowanie liczby Kolbacha w ziarnie w poszczególnych latach doświadczenia. Najwyższy poziom badanego parametru odnotowano w 2016 roku – 39,6%, natomiast najmniejszy w 2018 roku – 37,8%, różnica pomiędzy latami wynosiła 1,8%. W 2017 roku liczba Kolbacha w ziarnie wynosiła 38,4 % (tab. 48). Istotny wpływ na poziom liczby Kolbacha miały również warianty stymulacji oraz jej interakcja z nawadnianiem. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu nawadniania. Współczynnik zmienności wyniósł 5,11% (tab. 47).

W warunkach kontrolnych poziom badanego parametru był najniższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji i wynosił 37,7%. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano użyźniacz, ziarno charakteryzowało się wyższą liczbą Kolbacha, odpowiednio o 1,6%. Zastosowanie pozostałych stymulatorów, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na ilość białka, które uległo ekstrakcji ze słodu w procesie sporządzania brzezki laboratoryjnej metodą kongresową (laboratoryjną) (tab. 58)

Tabela 59. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na azot rozpuszczalny (mg N · 100 g⁻¹) ziarna jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	757 <i>b</i> ^{1,2}	808 <i>b</i>	778 <i>b</i>	812 <i>a</i>	789 <i>b</i>
Z nawadnianiem	799 <i>a</i>	820 <i>a</i>	804 <i>a</i>	789 <i>b</i>	803 <i>a</i>
Średnia	778 <i>b</i>	815 <i>a</i>	791 <i>b</i>	805 <i>a</i>	796

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Wykazano wpływ lat na zawartość azotu rozpuszczalnego w ziarnie. Najwyższy poziom odnotowano w roku 2018 – 807,5 mg N · 100 g⁻¹. W roku 2017 kształtował się na poziomie 795,1 mg N · 100 g⁻¹, natomiast najniższy w 2016 roku, który wynosił 788,0 mg N · 100 g⁻¹. Różnica pomiędzy latami wynosiła odpowiednio 12,4 mg N · 100 g⁻¹ (1,53%) oraz 19,4 mg N · 100 g⁻¹ (2,4%) (tab. 48). Istotny wpływ na zawartość azotu miały również wariant nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 1,61% (tab. 47). Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, spowodowało zwiększenie zawartości azotu w ziarnie w porównaniu z wariantem bez nawadniania o 14 mg N · 100 g⁻¹. Po zastosowaniu biostymulatora i mieszaniny dwóch stymulatorów poziom azotu rozpuszczalnego tj. 815 i 805 mg N · 100 g⁻¹, był najwyższy w zestawieniu z pozostałymi wariantami stymulacji.

Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator i użyźniacz ziarno miało większą zawartość azotu rozpuszczalnego odpowiednio o 16 i 26 mg N · 100 g⁻¹. Przy aplikacji mieszaniny stymulatorów, w podobnych warunkach, nie odnotowano interakcji (tab. 59).

Tabela 60. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na kruchość ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	63,5 <i>b</i> ^{1,2}	65,5 <i>b</i>	64,0 <i>a</i>	63,7 <i>b</i>	64,0 <i>b</i>
Z nawadnianiem	66,6 <i>a</i>	66,1 <i>a</i>	61,6 <i>b</i>	67,9 <i>a</i>	65,5 <i>a</i>
Średnia	65,0 <i>a</i>	65,8 <i>a</i>	62,8 <i>b</i>	65,8 <i>a</i>	64,8

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wpływ lat na kruchość zrzutki jęczmienia jarego (tab.48). Najwyższy wpływ odnotowano w roku 2016 i wynosił 77,2 %. W roku 2017 kruchość była niższa i wynosiła 69 %, natomiast najniższy jej poziom odnotowano na poziomie 48,8 % w roku 2018. Istotny wpływ na kruchość miał również wariant nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja. Ścisłość doświadczenia była na zadowalającym poziomie i wynosiła dla błędu 4,63 % (tab.47).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, spowodowało wzrost kruchości w porównaniu z wariantem bez nawadniania o 1,5%. Po zastosowaniu biostymulatora i mieszaniny dwóch stymulatorów poziom kruchości tj. 65,8% w obu kombinacjach, był najwyższy w zestawieniu z pozostałymi wariantami stymulacji. Równie wysoki poziom wykazał wariant kontrolny 65%. Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator i kombinację stymulatorów ziarno miało większą kruchość odpowiednio o 0,6 i 4,2%. Przy aplikacji użyźniacza oraz w warunkach kontrolnych nie odnotowano interakcji (tab. 60) w warunkach nawadnianych.

Tabela 61. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na szklistość pełną ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	7,23 <i>a</i> ^{1,2}	7,55 <i>a</i>	5,83 <i>b</i>	6,41 <i>a</i>	6,68 <i>a</i>
Z nawadnianiem	5,06 <i>b</i>	4,86 <i>b</i>	6,56 <i>a</i>	6,01 <i>a</i>	5,64 <i>b</i>
Średnia	6,15 <i>a</i>	5,94 <i>b</i>	6,21 <i>a</i>	6,23 <i>a</i>	6,16

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotne różnice wpływu lat na szklistość ziarna w poszczególnych latach badań (tab. 48). Najwyższy poziom odnotowano w 2018 roku- 14,1%, najniższy w 2016 roku 0,65% natomiast szklistość w 2017 roku wyniosła 3,28%. Różnica pomiędzy badanymi latami wynosiła odpowiednio 10,8 i 13,4%. Istotny wpływ na badany parametr miały również wariant nawadniania, stymulacji oraz ich interakcja. Ścisłość doświadczenia dla błędu wynosiła 10,5% (tab. 47).

Zastosowanie nawadniania, średnia z trzech lat, spowodowała obniżenie szklistości w porównaniu z wariantem bez nawadniania o 1,04% (tab. 61). Po zastosowaniu biostymulatora poziom kruchości tj. 5,94% był najniższy w zestawieniu ze wszystkimi wariantami stymulacji. Odnotowano interakcję nawadniania ze

stymulacją. Po aplikacji użyźniacza szklistość była wyższa w porównaniu z nienawadnianym obiektem o 0,73%. W warunkach kontrolnych oraz po aplikacji biostymulatora odnotowano niższy poziom szklistości, o odpowiednio 1,63 i 2,69%. Zastosowanie stymulatorów, nie miało istotnego wpływu na koncentrację badanego parametru.

Tabela 62. Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na PUG – częściowo niezmodyfikowane ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018

Nawadnianie	Warianty stymulacji				Średnia
	kontrola	biostymulator	użyźniacz	biostymulator + użyźniacz	
Bez nawadniania	8,71 <i>a</i> ^{1,2}	6,66 <i>b</i>	7,73 <i>a</i>	8,56 <i>a</i>	8,00 <i>a</i>
Z nawadnianiem	6,36 <i>b</i>	7,13 <i>a</i>	7,32 <i>b</i>	6,16 <i>b</i>	6,74 <i>b</i>
Średnia	7,53 <i>a</i>	6,89 <i>b</i>	7,52 <i>a</i>	7,36 <i>a</i>	7,37

¹ Średnie oznaczone takimi samymi literami nie różnią się istotnie

² Średnie dla kombinacji porównano przyjmując wariant N (S)

Stwierdzono wysoce istotny wpływ lat na PUG czyli częściowo niezmodyfikowane ziarna jęczmienia jarego (tab. 48). Najwyższy wpływ odnotowano w roku 2018 na poziomie 12,65%. W roku 2017 parametr PUG był niższy aż o 5,95% od roku 2018, a w 2016 wynosił 2,6%. Stwierdzono również istotny wpływ nawadniania, stymulacji jak ich interakcję na badany parametr. Ścisłość doświadczenia dla błędu wynosiła 8,39% (tab. 47).

Zastosowanie nawadniania, w średniej z trzech lat, nie spowodowała zwiększenie parametru PUG. Poziom niezmodyfikowanych ziaren wzrósł o 1,26% na obiekcie nienawadnianym i wynosił 8% (tab. 62). Zaobserwowano współdziałanie nawadniania i rodzaju stymulacji. Na obiektach nawadnianych, na których zastosowano biostymulator ziarno miało wyższy poziom PUG o 0,47%. Zastosowanie pozostałych stymulatorów, w tych samych warunkach, nie miało istotnego wpływu na badany parametr.

4.7. Analiza ekonomiczno- produkcyjna

Podstawowym warunkiem opłacalności produkcji polowej jest zapewnienie zbytu plonu po cenach adekwatnych, do jakości towaru a więc uwzględniających poniesione nakłady.

Kalkulację kosztów materiału siewnego oraz cenę kontraktacji jęczmienia jarego browarnego wyliczono w oparciu o dane uzyskane ze słodowni Soufflet Agro Polska Sp. z o.o., natomiast stymulatorów, Terra- Sorb Complex oraz Black Star, na podstawie faktur zakupowych (tab. 63).

Termin nawadniania determinowały warunki klimatyczne w danych roku i okresie wegetacji, jak również kierunek produkcji oraz odmiana jęczmienia jarego. Dawka jednorazowa była możliwie największa, co pozwoliło zaoszczędzić czas i ograniczyć straty wody podczas nawadniania. Wodę do oprysków uzyskano z własnego jeziora, wolną od zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych zdatną do nawadniania roślin przeznaczonych do spożycia, dlatego jej koszt nie został uwzględniony w kalkulacji jak również robocizny i amortyzacji sprzętu. W koszcie nawadniania uwzględniono koszt paliwa zużytego podczas aplikacji. W całym sezonie wegetacyjnym w latach 2016-2017 roku dla zbilansowania niedoborów wody za pomocą nawadniania, dostarczone zostało 40 mm wody na poletko doświadczalne, najczęściej w okresie od 15 maja do 15 sierpnia. W roku 2018, który był rokiem wybitnie suchym, dużą dawkę wody rozbito na 6 aplikacji, aby uniknąć spływów powierzchniowych, przesiąkania do wód gruntowych lub poniżej systemu korzeniowego nawadnianej rośliny oraz degradacji stosunków wodno - powietrznych w glebie.

W 2016 roku odnotowano zysk rzędu 216 zł hektara na kombinacji nienawadnianej z aplikacją biostymulatora. W czasie wegetacji nie wystąpiły warunki stresowe stąd wystąpiło działanie wspomagające wzrost i plonowanie roślin preparatu aminokwasowego, przy braku dodatkowej aplikacji wody. W doświadczeniach nawadnianych najwyższy zysk, przy koszcie produkcji 612 zł, był na poletku z aplikacją użyźniacza. Zysk z tej kombinacji wynosił 186,6 zł natomiast był niższy o 29,86 zł w stosunku do kontroli bez aplikacji wody, zatem wprowadzenie nawadniania było niezasadne ekonomicznie. Na efektywność ekonomiczną wpływa nie tylko wielkość plonu, ale również możliwość jego zbytu i uzyskana cena oraz koszty poniesione na nawadnianie. Może się zdarzyć, że mimo znacznego wzrostu ilości i jakości plonu intensyfikacja produkcji przez nawadnianie nie jest opłacalna ekonomicznie, ponieważ uzyskana cena sprzedaży jest za niska, żeby pokryć poniesione koszty (Kledzik i in. 2015).

Rok 2017 wykazał brak ekonomicznego uzasadnienia dla wprowadzenia deszczowania do produkcji jęczmienia browarnego, ponieważ jedynie brak strat finansowych z hektara uzyskano na polu kontrolnym, bez aplikacji wody. Natomiast

dostarczenie roślinom mikroelementów wspomagających rozwój systemu korzeniowego, tym samym niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania wpłynęło na zwyczaję plonu w kombinacji z użyźniaczem bez aplikacji wody a tym samym uzyskanie zysku w wysokości 137,1 zł. Według badań ośrodka bydgoskiego zastosowanie nawadniania jest skutecznym sposobem łagodzenia skutków posuch atmosferycznych, bowiem wywiera korzystny wpływ zarówno na wysokość i jakość plonów. Jednak o celowości zastosowania tego zabiegu decyduje czynnik finansowy, a mianowicie fakt czy zwyczajki plonów i poprawa jego, jakości przełożą się na efekty ekonomiczne (Kledzik i in. 2015).

Zastosowanie nawadniania w 2018 roku przyczyniło się do wzrostu wysokości uzyskiwanych plonów. W istotny sposób wpływało także na zwiększenie stabilności i niezawodności plonowania. O pozytywnym efekcie wprowadzenia nawadniania do agrotechniki świadczy wzrost plonu o 1,8 tony w porównaniu do pól nienawadnianych. Aplikacja biostymulatora przełożyła się na szybszy i intensywniej przebiegający proces fotosyntezy zarówno w warunkach nawadnianych i nienawadnianych. Analiza ekonomiczna wykazała, że nawadnianie dodatni efekt finansowy przyniosło jedynie w przypadku skrajnie suchego roku, jakim był rok 2018.

Tabela 63. Analiza ekonomiczno-produkcyjna jęczmienia jarego browarnego w latach 2016-2018

Lata	Kombinacje		Cena materiału siewnego zł/ha	Cena stymulatorów zł/ha	Cena nawadniania zł/ha	Łączny koszt produkcji zł	Plon ziarna t/ha	Cena skupu ziarna zł/t	Wartość plonu zł/ha	Wartość plonu - koszty produkcji zł	Zysk zł
2016	bez wody	kontrola	332,00	0,00	0,00	332,00	3,70	680,00	2518,27	2186,27	0,00
2016	bez wody	biostymulator	332,00	60,00	0,00	392,00	4,11	680,00	2794,80	2402,80	216,53
2016	bez wody	użyźniacz	332,00	100,00	0,00	432,00	3,33	680,00	2266,67	1834,67	-568,13
2016	bez wody	biostymulator + użyźniacz	332,00	160,00	0,00	492,00	3,89	680,00	2642,93	2150,93	316,27
2016	woda	kontrola	332,00	0,00	180,00	512,00	3,67	680,00	2493,33	1981,33	-169,60
2016	woda	biostymulator	332,00	60,00	180,00	572,00	3,10	680,00	2108,00	1536,00	-445,33
2016	woda	użyźniacz	332,00	100,00	180,00	612,00	3,43	680,00	2334,67	1722,67	186,67
2016	woda	biostymulator + użyźniacz	332,00	160,00	180,00	672,00	3,00	680,00	2040,00	1368,00	-354,67
2017	bez wody	kontrola	350,00	0,00	0,00	350,00	4,50	690,00	3105,00	2755,00	0,00
2017	bez wody	biostymulator	350,00	60,00	0,00	410,00	2,94	690,00	2030,90	1620,90	-1134,10
2017	bez wody	użyźniacz	350,00	100,00	0,00	450,00	3,20	690,00	2208,00	1758,00	137,10
2017	bez wody	biostymulator + użyźniacz	350,00	160,00	0,00	510,00	3,20	690,00	2208,00	1698,00	-60,00
2017	woda	kontrola	350,00	0,00	180,00	530,00	3,07	690,00	2116,00	1586,00	-112,00
2017	woda	biostymulator	350,00	60,00	180,00	590,00	3,17	690,00	2185,00	1595,00	9,00
2017	woda	użyźniacz	350,00	100,00	180,00	630,00	3,00	690,00	2070,00	1440,00	-155,00
2017	woda	biostymulator + użyźniacz	350,00	160,00	180,00	690,00	3,00	690,00	2070,00	1380,00	-60,00
2018	bez wody	kontrola	335,00	0,00	0,00	335,00	5,42	680,00	3683,33	3348,33	0,00
2018	bez wody	biostymulator	335,00	60,00	0,00	395,00	5,83	680,00	3966,67	3571,67	223,33
2018	bez wody	użyźniacz	335,00	100,00	0,00	435,00	4,37	680,00	2969,33	2534,33	-1037,33
2018	bez wody	biostymulator + użyźniacz	335,00	160,00	0,00	495,00	4,80	680,00	3264,00	2769,00	234,67
2018	woda	kontrola	335,00	0,00	360,00	695,00	7,25	680,00	4930,00	4235,00	1466,00
2018	woda	biostymulator	335,00	60,00	360,00	755,00	7,67	680,00	5213,33	4458,33	223,33
2018	woda	użyźniacz	335,00	100,00	360,00	795,00	6,17	680,00	4193,33	3398,33	-1060,00
2018	woda	biostymulator + użyźniacz	335,00	160,00	360,00	855,00	6,83	680,00	4646,67	3791,67	393,33

5. DYSKUSJA

W trzyletnim doświadczeniu polowym badano wpływ biostymulatorów: preparatu glebowego Black Star i aminokwasowego Terra-Sorb Complex na wielkość i jakość plonu jęczmienia jarego uprawianego w warunkach nawadniania. Przeprowadzony eksperyment pozwolił również ocenić wpływ wymienionych czynników na wartość technologiczną ziarna słodu.

Różnice w wielkości plonów i jakości ziarna w obrębie pola produkcyjnego mogą być w dużej mierze objaśnione zróżnicowaniem warunków glebowych (Pecio 2002). Według Tkaczyka i in. (2010) pod uprawę jęczmienia należy przeznaczyć gleby zasobne w magnez, potas, azot oraz związków, o uregulowanym odczynie.

Doświadczeni polowe zlokalizowane było na terenie wsi Kurzycko (pow. gryfiński, gmina Mieszkowice), na glebie ornej średniej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego i żwiru. Zaliczana jest do kompleksu żytniego dobrego i klasy bonitacyjnej IV a i IV b. Zawartość próchnicy w granicach 2%, odczynem obojętnym do zasadowego (6,5-7,6), zawartością przyswajalnego fosforu 58-76 mg P· kg⁻¹ oraz przyswajalnego potasu 94-124 mg K·kg⁻¹.

Zdaniem Noworolnika (2014) warunki klimatyczno-glebowe warunkują prawidłowy rozwój roślin uprawnych. Bański i in. (2005) wśród głównych czynników klimatycznych determinujących rodzaj i efektywność produkcji rolnej wymienia również promieniowanie słoneczne oraz długość okresu wegetacyjnego. W okresie wegetacji jęczmienia jarego ważny jest rozkład opadów, zapewniający wysoki plon ziarna przy niskiej zawartości białka (Simpson 1999, Żarski i in. 2005, Szmigiel i in. 2016).

Potwierdzają to wyniki przeprowadzonych badań, które wykazują, że poszczególne lata miały istotny wpływ na wielkość i jakość plonu. Warunki klimatyczne, ilość opadów i ich rozkład oraz temperatura, wpłynęły na liczbę kłosów, masę tysiąca ziaren, długość kłosa i długość źdźbła jak również na wartość browarną ziarna jęczmienia jarego. W doświadczeniu zaobserwowano, że rozpoczęcie kwitnienia oraz pełnia kwitnienia to najbardziej wrażliwe etapy stresu wodnego upraw, które w połączeniu z parametrami klimatycznymi, wiążą się ze zmiennym zapotrzebowaniem na wodę. Ilość wody zastosowanej na tych etapach ma duży wpływ na plon i jakość plonu zbóż.

Lata, w których przeprowadzono doświadczenia nie należały do wyjątkowo suchych, jedynie ostatni rok badań (2018) miał wyraźnie niższą sumę opadów w porównaniu do danych z wielolecia. Sezony wegetacji w dwóch ostatnich latach badań (2017 i 2018) były wyraźnie cieplejsze od wartości wieloletnich.

De Ruiter i Brooking (1996) wykazali, że wysoki plon i dobrą jakość ziarna można osiągnąć, gdy wzrost ziarna nie jest ograniczony przez stres wodny. Na liczbę ziaren w kłosie duży wpływ ma stres występujący przed zakwitnięciem, efekt prawdopodobnie związany jest z procesem inicjacji kłosek. Wykazali również, że na wielkość ziarna największy wpływ ma stres w fazie kwitnienia i krótko po nim. Wydłużenie międzywęźli zostało zmniejszone głównie przez stres w momencie lub tuż przed kłoszeniem, a mniejszy wpływ miał na nie stres wcześniejszy lub późniejszy. Podobnie González i in. (1999) wykazali, że stres suszy skraca okres napełniania ziarna, zmniejsza ilość i masę jednostkową ziarna jęczmienia jarego.

Informacje podane przez wyżej wymienionych badaczy znajdują częściowo potwierdzenie w zrealizowanym doświadczeniu, ponieważ nawadnianie jako czynnik doświadczenia miało największy wpływ na wielkość plonu, liczbę kłosek i masę tysiąca ziaren właśnie w roku o najmniejszej ilości opadów w sezonie wegetacji. Nawadnianie nie miało natomiast wpływu na liczbę i masę ziaren w kłosie. Należy dodać, że w latach o wyraźnie większej sumie opadów, zwłaszcza w pierwszych miesiącach wegetacji, w porównaniu do wielolecia (2016 i 2017) rośliny jęczmienia jarego browarnego miały większą długość źdźbła i kłosa. Nie stwierdzono istotnych różnic, pomiędzy latami, w liczbie i masie ziaren z kłosa.

Zdaniem Kozaka i in. (2016) oraz Kodłubańskiego (2019) biostymulatory pobudzają roślinę do wzrostu, rozwoju i regeneracji, a ich efekty widać już kilka dni po zastosowaniu. Dostrzeżone różnice dotyczą wyglądu i wigoru roślin, a także efektywniejszej regeneracji uszkodzeń zimowych i bujniejszego wzrostu wiosną. Sztuder i Świerczewska (2004) oraz Kozak i in. (2008) wykazali, że aplikacja biostymulatorów prowadzi do wyższej liczby i przyrostu masy tysiąca ziaren zbóż ozimych.

Zastosowanie w doświadczeniu biostymulatorów (aminokwasowy Terra-Sorb Kompleks oraz użyźniacz glebowy Black Star), miało istotny wpływ na plon, liczbę kłosek, masę tysiąca ziaren oraz długość źdźbła i kłosa. Autorzy Słowiński (2004) oraz Harasimowicz-Hermann i Borowska (2006), również przedstawiają wyniki świadczące,

że biostymulatory zwiększają odporność roślin na warunki stresowe, a tym samym wpływają na wzrost plonu.

W efekcie zastosowania w badaniach własnych biostymulatora roślinnego Terra-Sorb Complex odnotowano istotny jego wpływ na długość źdźbła i kłosa. Obydwie te biometryczne cechy były wyższe w roślinach uprawianych na obiektach nawadnianych. Aplikacja biostymulatora roślinnego Terra-Sorb Complex spowodowało również zwiększenie plonu ziarna jęczmienia jarego w obu wariantach nawadniania. Zastosowanie w doświadczeniu użyźniacza Black Star nie miało wpływu na parametry charakteryzujące, jakość plonu.

Jak wynika z dotychczasowych badań pozytywny wpływ biostymulacji nie zawsze jest stwierdzany, gdyż reakcja na dany preparat jest zależna między innymi od odmiany i warunków uprawy, a bywa i tak, że nie stwierdza się wpływu biostymulatorów w ogóle zwłaszcza, gdy rośliny rosną w warunkach zbliżonych do optymalnych (Vavrina 1998 a, 1998b, 1998c, Gawrońska i Przybysz 2019).

W wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej wykazano występowanie istotnej zależności korelacyjnej pomiędzy plonem ziarna jęczmienia jarego, a cechami jego struktury i biometrycznymi.

W wariantach z nawadnianiem wysoce istotna korelacja plonu ziarna z liczbą kłosów na 1 m², masą tysiąca ziaren oraz masą ziarna z kłosa. Spośród cech biometrycznych istotna korelacja dotyczyła plonu ziarna i długości kłosa. Nie wykazano korelacji pomiędzy plonem a liczbą ziaren z kłosa oraz długością źdźbła. W wariantcie bez nawadniania istotna korelacja z plonem dotyczyła liczby kłosów, masy tysiąca ziaren oraz długości źdźbła i kłosa. Nie stwierdzono korelacji w odniesieniu do liczby i masy ziaren w kłosie.

We wszystkich wariantach biostymulacji wysoce istotna korelacja z plonem ziarna dotyczyła liczby kłosów, masy tysiąca ziaren oraz masy ziarna z kłosa. Ponadto w wariantcie z użyźniaczem istotnie korelowała liczba ziaren z kłosa z plonem ziarna. W obiekcie kontrolnym bez stymulacji dotyczyło to jedynie liczby kłosów i długości kłosa.

Zdaniem Piskiera (2006) zastosowanie stymulatorów może powodować wyraźny wzrost plonu pszenicy (nawet o 23%) oraz elementów jego struktury i cech biometrycznych roślin. Autor podaje, że zastosowanie oprysku stymulatorem roślin i gleby zwiększyło obsadę kłosów na jednostce powierzchni o 16,6%, a obsady źdźbeł o 13% - w porównaniu do kontroli.

Z innych badań wynika, że aplikacja biostymulatorami znacząco zwiększyła cechy morfologiczne roślin (wysokość rośliny, liczba liści, świeża i sucha masa pędów), miała wpływ na metabolizm roślin wyrażony koncentracją barwników asymilacyjnych, węglowodanów ogółem oraz aminokwasów. Ponadto kształtowała zawartość składników mineralnych (N, P, K, Ca i Mg) oraz plonów ziarna i słomy. Podobny kierunek zmian w swoich doświadczeniach wykazali również Szmigiel i in. (2016) oraz El-Bassiouny i in. (2014). Mało jest natomiast prac potwierdzających pozytywne działanie biostymulatorów na wzrost i rozwój jęczmienia jarego (Angas i in. 2006, Guo i in. 2009).

Wymagania temperaturowe zmieniają się w miarę rozwoju rośliny. Jęczmień jary, będący rośliną o fotosyntezie typu C3, w początkowych fazach wzrostu ma na ogół niższe wymagania temperaturowe a w miarę wzrostu wymagania jego rosną. Jest również rośliną najmniej wrażliwą na niekorzystne warunki wodne, nie mniej jednak, jak wynika z badań Chmury i in. (2009), wysokość plonów podobnie, jak u i innych zbóż uzależniona jest od sumy opadów w okresie wegetacji. Ujemnie na wartość browarną wpływa długotrwała susza (Noworolnik i Hołubowicz-Kliza 2007) i wysoka temperatura w czasie wegetacji (Yawson i in. 2020, Wu i in. 2013), gdyż obok niżki plonu ziarna zwiększa się zawartość białka i łuski w ziarnie (Noworolnik 2014), a zmniejsza się celność ziarna i ekstraktywność słodu (Pecio 2002).

Jęczmień jary ma spośród zbóż najkrótszy okres wegetacji. Jest jednak bardzo wrażliwy na okresowe, nawet krótkotrwałe niedobory lub nadmiary wody, szczególnie w od fazy strzelania w źdźbło do końca dojrzałości mleczej (Żarski 2011). Za okres szczególnie krytyczny w gospodarce wodnej uważana jest faza kłoszenia (Aspinall 1964 i in., Aspinall 1965, Wells i Dubetz 1966, Dzieżyc 1989, Samarah 2005).

Intensyfikacja procesów fizjologicznych oraz przedłużenie okresu fizjologicznej sprawności roślin nawadnianych prowadzą do ich bujniejszego wzrostu, wytworzenia wyższych i grubszych źdźbeł, większych kłosów, a także zwiększenia liczby i masy ziaren w kłosie (Zhang i in. 1998).

Nawadnianie przyczynia się także do zwiększenia krzewienia i obsady źdźbeł na jednostce powierzchni (Żarski i in. 2009).

W doświadczeniu wykazano, że zmienne warunki pogodowe istotnie kształtowały parametry aktywności fotosyntetycznej liści jęczmienia jarego. W roku 2017, charakteryzującym się wyższą sumą opadów, stwierdzono większe wartości wskaźnika LAI i SPAD. Zastosowane nawadnianie istotnie zwiększyło wartość SPAD, natomiast

nie miało wpływu na LAI. Podobnie stymulacja istotnie różnicowała wskaźnik SPAD a nie oddziaływała na LAI. Uzyskane wyniki są spójne z informacjami zawartymi w pracami: Jamieson i in. (1995a), Jamieson i in. (1995b), González i in.(1999), oraz Voltas i in. (1999), z których wynika, że stres suszy przyspiesza starzenie się liści jęczmienia jarego i powoduje skrócenia wegetacji jęczmienia jarego.

W opinii Schneidera (2005) i Lehner i in. (2006) globalne zmiany klimatu będą miały wpływ na warunki panujące w Europie Środkowej i w Polsce. Z jednej strony należy się spodziewać wzrostu temperatury o około 3-4°C, z drugiej natomiast tylko nieznacznego wzrostu opadów. Rolnictwo już dzisiaj boryka się z nierównomiernym rozkładem opadów w ciągu roku oraz długotrwałymi okresami suszy glebowej, co potwierdzają dane uzyskane w badaniach własnych.

Ważnym elementem adaptacji jest nawadnianie, które może zniwelować negatywne aspekty zmian klimatu – niedobór wody, przede wszystkim w przypadku upraw jarych (Rudnicki i in. 1996, Kundzewicz i Kozyra 2011). W badaniach własnych największy niedobór opadów odnotowano w sezonie wegetacyjnym 2018 roku. Suma opadów była niższa w porównaniu do wielolecia o 130,5 mm. W zasadzie w całym sezonie wegetacyjnym tego roku odnotowano znaczne niedobory opadów w porównaniu do danych wieloletnich. Dodać należy, że sezon ten charakteryzował się także znacznie wyższą średnią temperaturą powietrza od wielolecia, o 2,44⁰C.

W 2018 roku warunki hydrotermiczne wskazały na kwietniowe rozpoczęcie okresu suszowego, gdzie współczynnik K-Sielianinowa wyniósł 0,57. Tendencja utrzymała się aż do końca wegetacji. Wykonano nawadnianie w II dekadzie maja (20 mm·ha⁻¹) oraz III dekadzie maja (60 mm·ha⁻¹). W czerwcu współczynnik Sielianinowa wyniósł 0,4 i był to najniższy wynik z trzech lat doświadczenia. Nawadnianie wykonano w I i III dekadzie czerwca w dawce 40 mm·ha⁻¹. Łącznie zastosowano trzykrotnie większą dawkę nawadniania niż w poprzednich latach doświadczenia, 120 mm·ha⁻¹.

W miesiącach o najniższych opadach, kwietniu i czerwcu, odchylenie od danych wieloletnich wynosiło odpowiednio 41,4 mm i 54,4 mm. Uzyskany w tym roku plon ziarna jęczmienia była największy spośród 3 lat doświadczeń - 4,01 t ·ha⁻¹.

Zdaniem Yawsona i in. (2020) oceniając zmiany klimatu od lat 30, szacuje, że do 2050 roku jęczmień prawdopodobnie pozostanie rentowną uprawą jedynie pod warunkiem stosowania nawadniania. Wyniki zrealizowanych badań wykazały, że

nawadnianie miało wpływ na wielkość plonu, masę tysiąca ziaren, długość kłosa oraz długość źdźbła. Masa tysiąca ziaren była istotnie większa na polach nawadnianych.

Zdaniem Wyszyńskiego i in. (2002) łan roślin jęczmienia jarego browarnego w sezonie wegetacyjnym z małą ilością opadów charakteryzuje się obniżoną fotosyntezą, mniejszą powierzchnią liści, liczbą kłosów na m² i liczbą ziaren w kłosie i w efekcie niższym plonem ziarna. Rośliny oszczędniej gospodarują wodą i w znacznie większym stopniu napełniają wyraźnie mniejszą liczbę wytworzonych ziaren. Niedostatek wody w fazie strzelania w źdźbło, kłoszenia i wypełniania ziarna, albo nadmiar w czasie kwitnienia, może znacząco wpływać na wielkość plonów (Dzieżyc 1988, Panek 1989, Dzieżyc i Buniak. 1993, Karczmarczyk i in. 1999, Muurinen i in. 2006.)

Nawadnianie na słabych i bardzo słabych kompleksach gleb stwarza warunki dla dobrego rozwoju roślin intensywnych przy zachowaniu wysokiej wartości plonu (Krężel 1979, Dzieżyc i Buniak 1989c, Bieszczad i Piotrowski 1992, Podsiadło 1993, Rzekanowski i Żarski 1997, Zbieć i in. 1996, Panek 1989, Kukuła i in. 1999). Realizując badania własne uzyskano potwierdzenie spadku plonu przy nadmiarze opadów w okresie wegetacji jęczmienia. W drugim roku badań (2017) suma opadów w okresie wegetacji była największa spośród trzech lat przeprowadzonych doświadczeń i wynosiła 490,9 mm. W porównaniu do danych wieloletnich była większa o 180,7 mm. Najwięcej opadów odnotowano w kwietniu i maju, a najmniej w czerwcu. Uzyskany plon ziarna jęczmienia był najniższy spośród wszystkich lat badań.

Według Żarskiego (2009, 2011) niedobory opadów w okresie krytycznym dla jęczmienia jarego występują w 88-95% lat, w zależności od rodzaju gleby. Na glebach typowych dla uprawy jęczmienia w 15% lat są to niedobry duże. Ich uzupełnienie w celu uzyskania wysokich i dobrych jakościowo plonów wymaga zastosowania, co najmniej czterech dawek nawodnieniowych o wysokości 30 mm każda. Analogicznie podczas realizacji doświadczenia w roku 2018 wykonano 3 zabiegi nawadniające o łącznej sumie wynoszącej 120 mm.

W omawianej pracy zbadano także wpływ nawadniania oraz biostymulacji na skład chemiczny gleby. Niestety w dostępnych źródłach literaturowych brakuje wieloletnich badań mówiących o wpływie stymulatorów, stosowanych w warunkach nawadniania, na zawartości makro i mikrośladników w glebie.

Pomiędzy latami badań nie stwierdzono istotnych różnic, odnośnie wartości odczynu gleby i zawartości azotu. W przypadku wszystkich pozostałych parametrów wykazano istotne ich zróżnicowanie. Spośród czynników doświadczenia zastosowanie

nawadniania niezależnie od stymulacji nie spowodowało istotnej zmiany odczynu gleby, a także koncentracji azotu. Zabieg ten zwiększył, w warstwie ornej gleby, ilość potasu przyswajalnego, natomiast obniżył ilość fosforu przyswajalnego, wapnia i magnezu wymiennego oraz substancji organicznej.

Wpływ zastosowania biostymulatorów był nieistotny jedynie w odniesieniu do zawartości azotu.

W glebie na obiektach z biostymulatorem stwierdzono obniżenie pH oraz niższą zawartość fosforu, potasu i wapnia w porównaniu do pozostałych wariantów stymulacji. Wprowadzenie do gleby użyźniacza zwiększyło ilość wymiennego magnezu i wapnia oraz obniżyło koncentrację przyswajalnych form fosforu i potasu, a także zawartość substancji organicznej. Gleba z obiektów, na których stosowano oba biostymulatory miała mniej potasu przyswajalnego natomiast więcej wapnia wymiennego.

Zaobserwowano także istotne współdziałanie czynników doświadczenia na skład chemiczny ornej warstwy gleby. Z wyjątkiem azotu dotyczyło ono wszystkich badanych parametrów.

Gleba z obiektów nawadnianych z biostymulatorem miała niższe pH, zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu, wymiennego wapnia i magnezu oraz substancji organicznej. W glebie nawadnianej z użyźniaczem stwierdzono mniejszą zawartość fosforu i wapnia, a większą potasu. W glebie, na której stosowano łącznie oba biostymulatory i nawadnianie zaobserwowano spadek zawartości wymiennego wapnia i substancji organicznej natomiast wzrost koncentracji przyswajalnego potasu. Gleba z obiektów bez nawadniania i stymulacji miała wyższe pH, koncentrację potasu i wapnia natomiast mniej magnezu i substancji organicznej.

Zastosowanie w doświadczeniu nawadnianie oraz biostymulacja w sposób istotny kształtowały chemiczne i fizykochemiczne parametry ziarna jęczmienia jarego raz jego parametry technologiczne. Znajduje to potwierdzenie w badaniach Żarskiego i in. (2011c), które wykazały, iż jakość zebranego surowca polepszała się pod wpływem zastosowanego deszczowania.

W badaniach własnych wykazano duże zróżnicowanie zawartości wszystkich pierwiastków charakteryzujących skład chemiczny ziarna w zależności od roku realizacji doświadczenia.

W 2018 roku o najmniejszej sumie opadów i największej dawce nawadniania ziarno jęczmienia jarego charakteryzowało się większą zawartością azotu, sodu,

wilgotnością, białka, gęstością w stanie zsypanym i wyrównaniem od ziarna zebranego w sezonach obfitujących w opady (2016 i 2017).

Spośród czynników doświadczenia nawadnianie spowodowało zwiększenie zawartości w ziarnie wapnia, magnezu i manganu oraz stopnia wyrównania ziarna. Ziarno zebrane z obiektów nie nawadnianych charakteryzowało się mniejszą koncentracją żelaza. Nie stwierdzono oddziaływania tego zabiegu na pozostałe parametry chemiczne i fizykochemiczne ziarna jęczmienia. Uzyskane rezultaty własnych badań znajdują częściowo potwierdzenie w literaturze przedmiotu.

Wojtasik (2004) wykazał, że zawartość fosforu, wapnia i magnezu w ziarnie jęczmienia browarnego uprawianego na glebie lekkiej nieznacznie wzrastała pod wpływem deszczowania. Ziarno jęczmienia deszczowanego zawierało więcej potasu i sodu natomiast miało mniejszą zawartość białka ogólnego, żelaza, cynku i azotanów. Ponadto zabieg ten zwiększył celność ziarna oraz energię kiełkowania.

Innego zdania są Piechowiak i in. (1982), którzy stwierdzili brak znaczącego wpływu deszczowania i nawożenia mineralnego na zawartość składników mineralnych w ziarnie.

W badaniach własnych stymulacja miała znaczący wpływ na parametry chemiczne i fizykochemiczne ziarna jęczmienia oprócz zawartości fosforu, wilgotności i stopnia wyrównania.

Ziarno zebrane ze wszystkich wariantów stymulacji miało więcej sodu, a mniej azotu i białka w porównaniu do zebranego z obiektu kontrolnego (bez stymulacji). Ponadto ziarno zebrane z obiektu z biostymulatorem miało więcej wapnia i manganu natomiast mniej magnezu, żelaza i cynku.

W ziarnie zebranym z obiektu z użyźniaczem było więcej magnezu, żelaza, cynku i manganu natomiast mniej fosforu, ziarno miało także większą gęstość w stanie zsypanym.

Ziarno zebrane z obiektów, na których stosowano oba biostymulatory charakteryzowało się większą gęstością natomiast mniejszą zawartością magnezu, żelaza oraz manganu.

W ziarnie zebranym z obiektu kontrolnego (bez stymulacji) stwierdzono największą zawartość azotu, magnezu, żelaza i cynku natomiast mniejszą manganu i sodu.

Ocena istotności oddziaływania czynników doświadczenia wykazała również istotny wpływ ich współdziałania (interakcji) na niektóre parametry chemiczne i

fizykochemiczne ziarna jęczmienia, a mianowicie; azot, potas, wapń, magnez, żelazo, cynk, mangan, sód, gęstość ziarna w stanie zsywnym oraz jego wyrównanie. Nie zaobserwowano istotnej interakcji czynników doświadczenia w odniesieniu do zawartości w ziarnie fosforu i białka oraz jego wilgotności.

W ziarnie z obiektów nawadnianych z biostymulatorem było więcej azotu i potasu, wapnia, i magnezu, natomiast mniej cynku w porównaniu do ziarna zebranego z innych wariantów stymulacji bez nawadniania.

W ziarnie zebranych z obiektów nawadnianych z użyźniaczem było więcej wapnia, magnezu, cynku natomiast mniej żelaza, manganu, a także mniejszą gęstość ziarna w stanie zsywnym i wyrównanie.

Ziarno zebrane z obiektów nawadnianych, na których stosowano oba biostymulatory charakteryzowało się większą zawartością azotu, magnezu, żelaza i manganu, a także większą gęstością w stanie zsywnym i wyrównaniem natomiast mniejszą wapnia i sodu.

Ziarno zebrane z obiektów nawadnianych bez stymulacji miało większą zawartość wapnia, magnezu, żelaza, manganu i sodu, miało również większą gęstość w stanie zsywnym oraz wyrównanie.

Z przeprowadzonych dotychczas doświadczeń nad wpływem nawadniania na wartość technologiczną ziarna jęczmienia jarego wynika, że zabieg ten zapewnia pozyskiwanie surowca spełniającego wymagania jakościowe dotyczące przydatności browarniczej, między innymi powodując obniżenie zawartości białka ogólnego, zwiększając celność ziarna i poprawiając energię kiełkowania (Koszański i in.. 1995, Majcherczak i in. 2003, Tejda i Gonzales 2003, Wojtasik 2004, Samarah 2005, Muurinen i in. 2006, Błażewicz i in. 2011, Żarski i in. 2015). Szczególne znaczenie w ocenie wartości technologicznej ma odpowiednia zawartość białka w ziarnie. Parametr ten stanowi najważniejszy wskaźnik jakościowy, określający przydatność surowca na cele browarnicze (Żarski 2009). Koncentracja białka w ziarnie wykazuje istotną korelację z technologicznymi cechami sładów i brzeczek, z których najważniejsze to ekstraktywność słodu, liczba Kolbacha, stopień ostatecznego odfermentowania i lepkość brzeczki oraz siła diastatyczna.

W przeprowadzonym doświadczeniu wpływ zastosowania preparatu użyźniającego Black Star odnotowano jedynie w przypadku zmian ilości żelaza i manganu. Stosując użyźniacz łącznie z nawadnianiem uzyskano obniżenie zawartości

żelaza jak i manganu w ziarnie jęczmienia jarego uprawianego, na obiektach bez nawadniania efekt był odwrotny.

Dla znaczącej większości badaczy celowość stosowania nawadniania nie budzi wątpliwości, gdyż już małe ale zastosowane w odpowiednich terminach dawki wody zapewniają przyrosty plonów. Przeprowadzone przez Przybyłą i in. (1996) dziesięcioletnie badania wskazały, że średnia zwyżka plonów uzyskana w wyniku deszczowania wahała się od 12% do 28%. Żarski i in. (2005) wykazał wzrost plonu jęczmienia browarnego o 2,37 t-ha⁻¹ (131 %). Ponadto stwierdził, iż ziarno pochodzące ze stanowisk deszczowanych cechowało się niską zawartością białka, wysoką celnością i energią kiełkowania, spełniając normatywne wymagania przydatności browarniczej (Żarski i in. 2015).

Wyniki badań własnych na podstawie analizy parametrów zrzutki w większości przypadków, były istotnie uzależnione od roku realizacji doświadczenia. Jedynie lepkość zrzutki nie wykazała interakcji z latami badań. Współdziałanie nawadniania z biostymulacją poprawiło parametry wartości słodowniczej ziarna. Odnotowano istotną interakcję nawadniania i stymulacji na skład jakościowy zrzutki dla 11 z 15 omawianych cech. Nie stwierdzono istotnej interakcji dla następujących parametrów: ekstrakt w mące, ekstrakt w śrucie, lepkość i wartość pH.

Jak podaje Żarski i in. (2005) ze stanowisk deszczowanych otrzymano ziarno o mniejszej istotnie zawartości białka oraz cechujące się tendencją do większego udziału frakcji > 2,5 mm. Deszczowanie nie wpłynęło, co prawda istotnie na badane cechy przydatności słodowniczej, jednak wystąpiła tendencja do poprawy wartości przetwórczej surowca.

W badaniach własnych wykazano, że aplikacja biostymulatora w warunkach nawadniania spowodowała obniżenie wartości następujących cech brzezki: wilgotności, rozluźnienia, barwy brzezki, barwy po gotowaniu, liczby Kolbacha, kruchości i szklistości pełnej. Cztery pozostałe parametry charakteryzujące brzeczkę w wyniku stosowania biostymulatora Terra-Sorb Complex, łącznie z nawadnianiem, uległy wzrostowi, a mianowicie klarowność, PUG, zawartość białka i tym samym azotu rozpuszczalnego

W piśmiennictwie brakuje danych dotyczących wpływu biostymulatorów, na jakość słodów i otrzymanych z nich brzeczek. Brak również danych dotyczących wpływu deszczowania na technologiczne cechy słodów i brzeczek, z których najważniejsze to ekstraktywność słodu, liczba Kolbacha oraz stopień ostatecznego

odfermentowania brzezki (Żarski i in. 2005). Są to cechy, które składają się na kompleksową ocenę przydatności słodowniczej ziarna według zasad Molina-Cano, stosowanych także przez Europejską Unię Browarniczą – EBC oraz COBORU. Ocenę zróżnicowania tych cech przeprowadzano w Polsce głównie pod wpływem nawożenia azotem (Dubis i in. 2012, Liszewski i in. 2012, Błażewicz i in. 2013). W strefach klimatycznych, w których nawadnianie odgrywa podstawową rolę plonotwórczą, wykazano korzystny wpływ tego zabiegu na wymienione cechy wartości przetwórczej ziarna (Żarski i in. 2015).

Zdaniem Dzieżyca (1988) nawadnianie, które nadal jest dużym przedsięwzięciem inwestycyjnym i nakładem finansowym, stanie się koniecznością, aby utrzymać produkcję roślinną na wysokim poziomie. Teza ta, która ma już ponad trzydzieści lat nadal jest bardzo aktualne. Potwierdzają to również wyniki badań własnych, które wykazały, że w sezonie wegetacyjnym o niskich opadach atmosferycznych, nawadnianie jęczmienia jarego stanowi podstawowy zabieg plonotwórczy, umożliwiający pozyskanie wysokiego i dobrego jakościowo plonu ziarna, bez stosowania biostymulacji. Analiza ekonomiczna wykazała, że nawadnianie dodatni efekt finansowy przyniosło jedynie w przypadku skrajnie suchego roku. Zarządzanie systemami nawadniania z wykorzystaniem biostymulatorów nawozowych w celu maksymalizacji zysków netto w warunkach niedoboru wody, jest niezwykle ważnym wyzwaniem dla naukowców i producentów zajmujących się produkcją rolniczą.

Wyniki analizy ekonomiczno-produkcyjnej wykonanej na bazie przeprowadzonych trzy letnich doświadczeń polowych z jęczmieniem jarym-browarnym, wskazują że łączne stosowanie w praktyce rolniczej, biopreparatów: stymulującego i użyźniającego (Terra-Sorb Complex i Black Star) ma ekonomiczne uzasadnienie w latach o optymalnej ilości opadów. Niestety, w literaturze, brak jest opracowań mówiących o zysku finansowym, jaki można osiągnąć po zastosowaniu biostymulatorów w uprawie jęczmienia browarnego.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Badania dotyczyły wpływu biopreparatu glebowego Black Star i biostymulatora nalistnego Terra-Sorb Complex na wielkość i jakość plonu oraz wartość technologiczną ziarna jęczmienia jarego, uprawianego w warunkach nawadniania. Na podstawie wyników uzyskanych, w doświadczeniach polowych, zrealizowanych w latach 2016-2018, sformułowano następujące wnioski:

1. Warunki meteorologiczne poszczególnych lat doświadczeń różnicowały istotnie wielkość plonu, liczbę kłosów, masę tysiąca ziaren, długość kłosa i źdźbła, jak również wartość browarniczą ziarna jęczmienia jarego.
2. Nawadnianie istotnie oddziaływało na plon ziarna, masę tysiąca ziaren oraz długość źdźbła i kłosa. Wpływ biostymulacji dotyczył plonu ziarna, liczby kłosów, masy tysiąca ziaren oraz długości kłosa i źdźbła.
3. Stwierdzono istotną zależność korelacyjną w wariantach z nawadnianiem pomiędzy plonem ziarna, liczbą kłosów, masą tysiąca ziaren, masą ziarna z kłosa oraz długością kłosa. We wszystkich wariantach biostymulacji zależność korelacyjna dotyczyła liczby kłosów, masy tysiąca ziaren i liczby ziarna z kłosa. W wariantach bez stymulacji dotyczyło to jedynie liczby kłosów i długości kłosa.
4. Zmienne warunki pogodowe istotnie kształtowały parametry aktywności fotosyntetycznej liści jęczmienia jarego. W sezonie charakteryzującym się wyższą sumą opadów, zaobserwowano większe wartości wskaźnika LAI i SPAD. W sezonach o niższej ilości opadów oba czynniki doświadczalne istotnie zwiększały wartość SPAD, natomiast nie miały wpływu na LAI.
5. Warstwa orna gleby z obiektów nawadnianych miała wyższą zawartość potasu, fosforu, wapnia, magnezu i substancji organicznej. Nie zaobserwowano istotnych zmian odczynu i koncentracji azotu.
6. Wpływ biostymulatorów na właściwości chemiczne warstwy ornej gleby był zróżnicowany. Zastosowanie biostymulatora obniżyło pH, zawartość fosforu, potasu oraz wapnia i magnezu. W glebie z użyźniaczem było mniej fosforu i substancji organicznej, natomiast więcej wapnia i magnezu. Łączne zastosowanie biostymulatorów zmniejszyło w glebie koncentrację potasu, natomiast zwiększyło wapnia. Nie stwierdzono istotnego wpływu stymulacji na zawartość azotu. Zaobserwowano istotne współdziałanie czynników doświadczenia na odczyn i skład chemiczny gleby.

7. Czynniki doświadczenia istotnie kształtowały fizykochemiczne i technologiczne parametry ziarna jęczmienia. Ziarno z obiektów nawadnianych miało więcej wapnia, magnezu i manganu oraz było bardziej wyrównane, natomiast mniej było w nim żelaza.
8. Zastosowanie biostymulatora nalistnego zmniejszyło w ziarnie koncentrację azotu, a tym samym białka, magnezu, żelaza i cynku, natomiast zwiększyło ilość wapnia, manganu i sodu. Aplikacja użyźniacza obniżyła zawartość azotu i białka oraz fosforu, a zwiększyła magnezu, żelaza, cynku, manganu i sodu oraz gęstość ziarna w stanie zsylnym. Nie stwierdzono istotnego wpływu stymulacji na zawartość potasu, wilgotność i wyrównanie ziarna. Stwierdzono istotny wpływ współdziałania czynników doświadczenia na fizykochemiczne i technologiczne parametry ziarna jęczmienia jarego
9. Cechy browarnicze jęczmienia jarego odmiany Xanadu były istotnie uzależnione od roku realizacji doświadczenia. Współdziałanie nawadniania z biostymulacją poprawiło parametry wartości słodowniczej ziarna. Odnotowano istotną interakcję nawadniania i stymulacji na skład jakościowy zrzutki dla 11 z 15 cech. Nie stwierdzono istotnej interakcji dla następujących parametrów: ekstrakt w mące, ekstrakt w śrucie, lepkość i wartość pH.
10. Aplikacja biostymulatora nalistnego w warunkach nawadniania obniżyła wartości następujących cech brzezki: wilgotności, rozluźnienia, barwy brzezki oraz barwy po gotowaniu, liczby Kolbacha, kruchości i szklistości pełnej. Zastosowanie biostymulatora glebowego łącznie z nawadnianiem, zwiększyło klarowność, PUG, zawartość białka i tym samym azotu rozpuszczalnego.
11. Wyniki zrealizowanych doświadczeń wskazują, że łączne stosowanie w praktyce rolniczej biopreparatów nalistnego i użyźniającego (Terra-Sorb Complex i Black Star) mają ekonomiczne uzasadnienie w latach o optymalnej ilości opadów atmosferycznych. W sezonie o niskich opadach, nawadnianie jęczmienia jarego stanowi podstawowy zabieg plonotwórczy, umożliwiający pozyskanie wysokiego i dobrego jakościowo plonu ziarna, co ma przełożenia na dodatni efekt finansowy.

7. LITERATURA

1. Aerts J., Droogers P. 2004. Climate change in contrasting river basins: adaptation strategies for water, food, and environment. CABI Publishing, Netherlands, s. 1–264. doi.org/10.1079/9780851998350.0001.
2. Albrizio R., Todorovic M., Matic T., Stellacci A. 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 115(2), 179–190.
3. Alcamo J., Moreno J.M., Nováky B., Hindi M., Corobov R., Devoy R.J.N., Giannakopoulos C., Martin E., Olesn J.E., Shvidenko A. 2007. Europe. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (eds.) M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007, 541–580.
4. Alexandratos N., Bruinsma, J. 2012. World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision. ESA Working Paper, No. 12-03. Food Agri. Organ. Rome, Italy, 2012. <http://largestanford.edu/courses/2014/ph240/yuan2/docs/ap106e.pdf>. (dostęp 15..05.2023)
5. Allen R., Jensen M.E., Wright J.L., Burman R.D. 1989. Operational estimates of reference evapotranspiration. *J. Agron.* 81(4), 650–662.
6. Allen R.G., Scaloppi E. 1993. Hydraulics of Irrigation Laterals: Comparative Analysis. *J. Irrig. Drain. Eng.* 119(1), 1–163.
7. Angas P., Lampurlanes J., Cantero-Martinez C. 2006. Tillage and N fertilization: Effects on N dynamics and Barley yield under semiarid Mediterranean conditions. *Soil Tillage Res.* 87(1), 59–71.
8. Arancon N.Q., Edwards C.A., Lee S., Byrne R. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *Eur. J. Soil Biol.* 42, 65–69.
9. Aspinall D. 1965. The effects of soil moisture stress on the growth of barley: II. Grain Growth. *Aust. J. Agr. Res.* 16, 265–275.
10. Aspinall D., Nicholls P.B., May L.H. 1964. The effects of soil moisture stress on the growth of barley: I. Vegetative development and grain yield. *Aust. J. Agr. Res.* 15, 729–745.
11. Atlin G.N., Cairns J.E., Das B. 2017. Rapid breeding and varietal replacement are critical to adaptation of cropping systems in the developing world to climate change. *Global Food Sec.* 12, 31–37.
12. Bamforth C. 2002. Nutritional aspects of beer a review. *Nutr. Res.* 22, 227–376.

13. Bański J., Błażejczyk K. 2005. Globalne zmiany klimatu i ich wpływ na światowe rolnictwo. Wpływ procesu globalizacji na rozwój rolnictwa na świecie. Program wieloletni 2005-2009, 17, IERiGŚ PIB, Warszawa, 204–231.
14. Barczak B., Nowak K. 2008. Skład aminokwasowy białka biomasy jęczmienia ozimego (*Hordeum vulgare* L.) w zależności od stadium rozwoju rośliny i nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 7(1), 3–15.
15. Basak A. 2008a. Biostymulatory – definitions, classification and legislation. General aspects. *Biostymulators In modern agriculture*. Warsaw. 7–17.
16. Basak A. 2008b. Klasyfikacja biostymulatorów na podstawie opinii badaczy oraz firm chemicznych krajowych i zagranicznych. *Więś Jutra*. 5(118), 31–34.
17. Beathgen W.T, Christianson C.B, GarciLamothe A. 1995. Nitrogen Fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley. *Field Crops Res.* 43, 87–99.
18. Behnke M., Kaczyński L., Lewandowska B., Zych J. 1995. Zboża jare: pszenica, jęczmień, pszenżyto. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. Centralny Ośrodek Badania odmian roślin uprawnych. 1060.
19. Behnke M., Kaczyński L., Lewandowska B., Zych J. 1996. Zboża jare: pszenica, jęczmień, pszenżyto. Synteza wyników doświadczeń odmianowych. Centralny Ośrodek Badania odmian roślin uprawnych. Zeszyt 1090.
20. Bieszczad S., Piotrowski M. 1992. Plonowanie pszenżyta jarego w warunkach deszczowania i zróżnicowanego nawożenia mineralnego. *Zesz. Nauk Akad Techn-Roln. w Bydgoszczy. Rolnictwo*. 32, 15–20.
21. Biskupski A., Bogdanowiczowa M., Dzieżyc J. 1976. Wpływ nawadniania i intensywnego nawożenia mineralnego na plon i jakość ziarna odmian pszenic jarych i ozimych na glebach lekkich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 181, 269–287.
22. Błażewicz J., Liszewski M. 2003. Ziarno jęczmienia nagiego odmiany „Rastik”, jako surowiec do produkcji słodów typu pilzneńskiego. *Techn. Alimentaria* 2(1), 63–74.
23. Błażewicz J., Liszewski M., Zembold-Guła A., Kozłowska K., Szwed Ł. (201). Liczba Kolbacha, jako ważny wskaźnik wartości przetwórczej ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 30(3), 46– 53.
24. Błażewicz J., Zembold-Guła A., Żarski, J., Dudek, S., Kuśmierk-Tomaszewska R. 2011. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem, w technologii uprawy jęczmienia browarnego na wydajność procesu słodowania – wstępne wyniki badań. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 6, 109–117.

25. Blum, A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Res.* 112, 119–123.
26. Borówczak F., Koziara W., Grześ S. 1998. Produkcyjne i ekonomiczne efekty różnej intensywności uprawy jęczmienia jarego. *Agrotechnika i wykorzystanie jęczmienia. Pam. Puław.* 112(7) 19 – 26.
27. Borówczak F., Rębarz K. 2008. Wpływ deszczowania i system uprawy na efekty produkcyjne i ekonomiczne uprawy jęczmienia jarego. *J. Res. Appl. Agric. Engin.* 53(3), 22–26.
28. Borówczak F., Rębarz K. 2010. Efekty produkcyjne i ekonomiczne różnych systemów uprawy jęczmienia jarego odmiany Stratus w zależności od deszczowania. *J. Res. Appl. Agric. Engin.* 55(3), 29–32.
29. Bosak A. 2013. Nawóz czy biostymulator? *MPS Sad* 5, 1-7.
30. Bosch P.R., Dave R. 2007. Climate change 2007: Mitigation of Climate Change, contribution of Working Group III to the 4th. <https://www.ipcc.ch/working-group/wg3/>. (dostęp 15.05.2023).
31. Brown P., Saa S. Biostimulants in agriculture. 2015. *Front Plant Sci.* 6, 671. doi:10.3389/fpls.2015.00671
32. Budzyński W., Dubis B., Jankowski K. 2008. Response of winter oilseed rape to the biostimulator Asahi SL applied in spring. w: Dąbrowski Z.T. (ed.), *Monographs series: Biostimulators in modern agriculture, Field Crops. Wieś Jutra, Warszawa*, 47–55
33. Budzyński W., Szempliński W. 1999. Szczegółowa Uprawa Roślin. red Jasińska Z. i Kotecki A. 1, 207–209.
34. Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A. 2015. Biostimulants and crop responses: a review. *Biol. Agri. Horti.* 31 (1), 1–17.
35. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil.* 383, 3–41.
36. Cambri D., Filippini L., Apone F., Arciello S., Colucci G., Portoso D. 2008. Effect of aminoplant on expression of selected genes in *Arabidopsis thaliana* L. *Plants.* w *Biostimulators in modern agriculture– General Aspects..* (red.) Gawrońska H. Warsaw, 77–82.
37. Carvalhais L.C., Paul G., Fedoseyenko D., Hajirezaei M., Borriss R., Wirén N. 2010. Root exudation of sugars, amino acids, and organic acids by maize as affected by nitrogen, phosphorus, potassium, and iron deficiency. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 100, 1–9.
38. Chmura K., Chylińska E., Dmowski Z., Nowak L. 2009. Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 9, 33–44.

39. Chouliaras V., Tasioula M., Chatzissavvidis C., Therios I., Tsabolatidou E. 2009. The effects of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar Koroneiki, *J. Sci. Food Agri.* 89, 984–988.
40. Coles G., Jamieson P., Haslemore R. 1991. Effect of moisture stress on malting quality in Triumph barley. *J. Cereal Sci.* 14(2), s. 161–177.
41. Colla G., Nardi S., Cardarelli M., Ertani A., Lucini L., Canaguier R., Roupheal Y. 2015. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 196, 28–38.
42. Craigie J. 2010. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J. Appl. Phycol.* 23, 371–393.
43. Cwalina-Ambroziak B., Głosek-Sobieraj M., Stępień A. 2015. Phytosanitary conditions of winter wheat depending on fertilization with microelements. Stan fitosanitarny pszenicy ozimej, a nawożenie mikroelementami. *Progress in Plant Protection*, 55 (4), s. 399-404.
44. Czczeko R., Mikos-Bielak M. 2004. Effects of Asahi bio-stimulator application in the cultivation of different vegetable species. *Ann. UMCS Sec. E Agricultura* 59(3), 1073–1079.
45. Dari B., Rogersa Ch.W., Lianga X. 2019. Plant, grain, and soil response of irrigated malt barley as affected by cultivar, phosphorus, and sulfur applications on an alkaline soil. *J. Plant Nutr.* 42(9), 1061–1071.
46. de Ruiter J.M. , Brooking I.R. 1996. Effect of sowing date and nitrogen on dry matter and nitrogen partitioning in malting barley. *N. Z. J. Crop. Hortic. Sci.* 24, 65–76.
47. de Ruiter J.M., Brooking, I.R. 1994. Nitrogen and dry matter partitioning of barley grown in a dryland environment. *N. Z. J. Crop. Hortic. Sci.* 22, 45–55.
48. Döll P. 2002. Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. *Climatic Change.* 54, 269–293.
49. Doorenbos J., Pruitt W.O. 1977. *Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome. 144.
50. du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic.* 30(196), 3–14.
51. Dubis B., Háasko-Nasalska A., Hulanicki P. 2012. Yield and malting quality of spring barley cultivar prestige depending on nitrogen fertilization. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 11(3), 45– 56.
52. Dudek S., Źarski J., Kuśmierk-Tomaszewska R. 2011. Wpływ deszczowania na plonowanie bobiku uprawianego na glebie lekkiej. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 6, 119–126.
53. Dz. U. 2004 Nr 11 poz. 94 Ustawa z dnia 18 grudnia 2003 r. o ochronie roślin

54. Dz. U. 2023. 569 Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu
55. Dz. U. 2013 poz. 455 Ustawa z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin
56. Dz. U. 2013 poz. 505 Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 kwietnia 2013 r. w sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin
57. Dziamski A., Stypczyńska Z. 2009. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na zróżnicowanie morfologiczne dwóch odmian proso (*Panicum Miliaceum* L.) na glebach bardzo lekkich. Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej. 6, 267– 277.
58. Dzieżyc J. 1973. Połowe zużycie wody przez rośliny uprawne na glebach lekkich w różnych warunkach wodnych i nawozowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 140, 227–243.
59. Dzieżyc J. 1989. Agrohdrologiczne rejonizacje produkcji roślinnej. w. Potrzeby wodne roślin uprawnych. red. J. Dzieżyc Warszawa, PWN, 355–370.
60. Dzieżyc J. 1988. Rolnictwo w warunkach nawadniania. Warszawa, PWN, 450.
61. Dzieżyc J., Buniak W. 1976. Zawartość i pobranie składników mineralnych przez wybrane odmiany buraków, ziemniaków i kapusty w różnych warunkach wodno-nawozowych na glebach lekkich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 181, 321– 336.
62. Dzieżyc J., Buniak W. (1989c). Nawożenie a zaopatrzenie roślin w wodę. w, Potrzeby wodne roślin uprawnych., red. J. Dzieżyc Warszawa, PWN, 374–391.
63. Dzieżyc J., Buniak W. 1993. Nawadnianie. W, Czynniki plonotwórcze, plonowanie roślin. red. J. Dzieżyc. Warszawa, Wrocław, PWN, 414–433.
64. Dzieżyc J., Dzieżycowa D. 1986. Porównanie efektów nawadniania i intensywnego nawożenia w różnych płodozmianach na glebach lekkich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 284, 125–139.
65. Dzieżyc J., Nowak L. 1992. Wpływ nawodnienia deszczowania na produkcję polową. Roczn-i. AR Poznań. Melioracja. 10, 5–16.
66. Dzieżyc J., Panek K., Trybała M. 1978. Pobranie i produkcyjność składników pokarmowych i wody w płodozmianie pastewnym, zależnie od nawadniania i nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 199, 203–215.
67. Edney M. J. 1997. Quality of Western Canadian Feed Barley and Hullless Barley. Crop Bulletin No. 229. Winnipeg, Manitoba: Grain Research Laboratory, Canadian Grain Commission. 1–11.
68. El-Bassiouny H.S.M., Bakry A.B, Abd El-Monem Attia A., Abd Allah M.M. 2014. Physiological role of humic acid and nocotinamide on improving plant growth, yield, and mineral nutrient of wheat

- (*Triticum durum*) grown under newly reclaimed sandy soil. *Agric Sci.* 5, 687–700. doi: 10.4236/as.2014.58072.
69. Epstein E., Norlyn J.D., Rush D.W., Kingsbury R.W., Kelley D.B., Cunningham G.A., Wrona A.F. 1980. Saline Culture of Crops: A Genetic Approach. *Science*. 210(4468), 399–404.
70. Fatyga J., Chrzanowska-Drozd B., Liszewski M. 1995. Wysokość i jakość plonów jęczmienia jarego pod wpływem różnych dawek azotu *Zesz. Nauk. AR Wrocław. Rolnictwo*. 65, 29–36.
71. Ferrara G., Pacifico A., Simone P., Ferrara E. 2007. Preliminary study on the effects of foliar applications of humic acids on 'Italia' table grape. www.oiv2007.hu/.../140_ferrara_et_al_xxx_oiv_proceedings.pdf. (dostęp 15.05.2023).
72. Garstang J.R., Giltrap N.J. 1990. The effect of applied and soil mineral nitrogen on yield and quality of malting barley varieties. *Asp. Appl. Biol.* 25, 315–327.
73. Gąsiorowska B., Koc G., Buraczyńska D., Struk K. 2011. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie zbóż uprawianych w rolniczej stacji doświadczalnej w Zawadach. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 6, 91–99.
74. Gawrońska H. 2008. Mechanizmy działania biostymulatorów. *Wiś Jutra* 5(118), 26–28.
75. Gawrońska H., Przybysz A. (2019). Materiały konferencyjne nt. Biostymulatory w nowoczesnej uprawie roślin, Warszawa.
76. Gawrońska H., Przybysz A., Szalacha E., Słowiński A. 2008. Physiological and molecular mode of action of Asahi SL biostimulator under optima and stress conditions. *Biostimulators in Modern Agriculture. General Aspects*” (H. Gawrońska, red.) Warsaw. wyd. *Wiś Jutra*. 54–76.
77. Ghanbari A. 2014. Effects of organic and mineral sources of nutrient on quality and quantity yields of forage barley. *Agric. Sci. Dev.* 3(9). 308–311.
78. Gierat, K., Weiss J. 1973. Obserwacja dynamiki tworzenia suchej masy u pszenicy jarej i jęczmienia jarego. *Biuletyn*, 5–11.
79. González A., Martín I., Ayerbe L. 1999. Barely yield in water-stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance, *Field Crop Res.* 62, 23–34.
80. Grabarczyk S., Żarski J. 1986. Porównanie wysokości sezonowych dawek wodny według różnych metod sterowania deszczowaniem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 327, s. 161–170.
81. Grabarczyk S., Żarski J. 1991. Wpływ nawożenia azotem i deszczowania na niektóre cechy jakościowe jęczmienia pastewnego i owsa. *Zesz. Nauk. AR Kraków* 263. *Sesja Nauk.* 34, 143–148.

82. Grabarczyk S., Żarski J., Dudek S. 1992. Sterowanie deszczowaniem według opadów atmosferycznych. *Roczn.-i. AR Poznań*. 83–90.
83. Gruszka J. 2003. Wpływ intensywności organizacji produkcji roślinnej w gospodarstwach na efektywność deszczowania. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* .3(9) 113–126.
84. Gruszka J. 2004. Efektywność produkcyjna rozdeszczowanej wody w wybranych gospodarstwach rolnych. *Woda-Środowiskowo-Obszary Wiejskie*. 4(2a), 73–85.
85. Grzebisz W., Gaj R., Przygocka- Cyna K. 2010. Rola składników pokarmowych w budowaniu mechanizmów odporności roślin uprawnych na presje patogenów. *Prog. Plant Prot.* 50(2), 13–25.
86. Gugala M., Zarzecka K., Sikorska A., Mystkowska I., Dołęga H. 2017. Wpływ herbicydów i biostymulatorów wzrostu na ograniczenie zachwaszczenia i plonowania ziemniaka jadalnego. *Fragm. Agron.* 34(4), 59-66.
87. Guo P., Baum M., Grando S., Ceccarelli S., Bai G., Li R., von Korff M., Varshney R.K., Graner A., Valkoun J. 2009. Differentially expressed genes between drought-tolerant and drought-sensitive barley genotypes in response to drought stress during the reproductive stage. *J. Exp. Bot.* 60(12), 3531–3544.
88. GUS 2022, Rocznik Statystyczny Rolnictwa. Wyd. Główny Urząd Statystyczny Warszawa. 2022.
89. Halvorson A.D., Reule C.A. 2007. Irrigated, no-till corn and barley response to nitrogen in Northern Colorado. *Agronomy J.* 99, 1521–1529.
90. Hamza B., Suggars A. 2001). Biostimulants: myths and realities. *Turfgrass Trends*. 10, 6–10.
91. Harasimowicz-Hermann G., Borowska M. 2006. Effect of bio-stimulant Asahi SL in winter rapeseed depending on pluviothermic conditions. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*. 27, 95–106.
92. Harasym J., Pieciuch T. 2010. Nietypowe słody piwowarskie – przegląd. *Prace Nauk. UE Wrocław*. 92, 77– 91.
93. Harper R., Smith P., Cotrufo M.F., Rumpel C., Paustian K., Kuikman P.J., Elliott J.A., McDowell R., Griffiths R., Asakawa S., Bustamante M., House J., Sobocká J., Pan G., West P., Gerber J., Clark J., Adhya T., Scholes R., Scholes M. 2015. Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. *Soil*. 1, 665–685.
94. Herse J. 1980. Szczegółowa uprawa roślin. red. J. Herse wyd. III Warszawa, PWN, 98–124.
95. Higa T. 1998. Effective Microorganisms, concept and recent advances in technology. *Proceedings of the Conference on Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment. 4th International Conference on Kyusei Nature Farming, Bellingham – Washington USA*. 6, 247–248.

96. Howard K.A, Gayler K.R., Eagles H., Halloran G.M. 1996. The relationship between hordein and malting quality in barley. *J. Cereal Sci.* 24, 47–53.
97. Hřivna L. 2010. Vliv hnojiv PRP Sol a PRP EBV na výnos a kvalitu sladovnického ječmene. Sborník z konference Sladovnický ječmen - přiměřená ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna, 8-11.2.2010, 49–50.
98. Huculak-Mączka M., Hoffmann K., Skut J., Hoffmann J. 2010. Ocena zawartości substancji humusowych w wybranych surowcach i odpadach. *Proceedings of ECOpole* .4(2,), 383–387.
99. IPCC (2007). The Fourth Assessment Report of the IPCC (AR4). Intergovernmental Panel on Climate Change.
100. Jamieson P.D., Francis G.S., Wilson D.R., Martin R.J. 1995a. Effects of water deficits on evapotranspiration from barley, *Agr. Forest Meteorol.* 76, 41–58.
101. Jamieson P.D., Martin R.J., Francis G.S., Wilson D.R. 1995b. Drought effects on biomass production and radiation-use efficiency in barley, *Field Crop Res.* 43, 77–86.
102. Jankowiak J., Bieńkowski J. 2011. Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych w rolnictwie. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 5, 39–48.
103. Jankowiak J., Rzekanowski C. 2006. Ekonomiczne efekty nawadniania. w: *Nawadnianie roślin.* red. S. Karczmarczyk, L. Nowak. PWRiL, 461–479.
104. Jarosz A. 2008. Włączenie biostymulatora Asahi SL do technologii uprawy rzepaku ozimego i buraka cukrowego. *Więś Jutra*, 5(118), 42–45.
105. Jaśkiewicz B., Sułek A. 2017. Kierunki zmian produkcji zbóż w Polsce. *Rocz-i Nauk. Stow. Ekon. Roln. Agro.* 19(1), 66–73.
106. Jones B.L. 2005. The endogenous endoprotease inhibitors of barley and malt and their roles in malting and brewing. *J. Cereal Sci.* 42, 271–280.
107. Kabała C., Karczewska A. *Metodyka analiz laboratoryjnych gleb i roślin* 2019. wyd. 8a. Wrocław
108. Kaca E., Łabędzki L., Lubbe1 I. 2011. Gospodarowanie wodą w rolnictwie w obliczu ekstremalnych zjawisk pogodowych. *Post. Nauk Roln.* 1, 37–49.
109. Kałużewicz A., Spiżewski T., Krzesiński W., Zaworska A. 2018. The effect of biostimulants on the field and quality of broccoli heads during storage. *Nauk. Przyr. Techn.* 12(1), 45–54. doi.org/10.17306/J.NPT.00223.
110. Kaniszewski S. 1986 Wpływ typu gleby i nawadniania na plonowanie roślin warzywnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 327, 11–17.

111. Karczmarczyk S., Kopczyński J., Koszański Z., Podsiadło C. (1999). Porównanie reakcji trzech odmian pszenicy jarej uprawianej na glebach lekkich na deszczowanie oraz intensywne nawożenie mineralne. *Inż. Rol.* 5, 131–140.
112. Karczmarczyk S., Koszański Z., Friedrich S., Kowalski W. 1996. Porównanie reakcji dwóch odmian owsa na deszczowanie i nawożenie mineralne. Cz. I. Wzrost, rozwój i plonowanie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 438, 219–226.
113. Karolewski P. 1996. Rola proliny u roślin wyższych w warunkach stresu abiotycznego. *Wiad. Botan.* 40(3/4), 67–81.
114. Katkat A.V., Celik H., Turan M.A., Asik B.B. 2009. Effects of soil and foliar applications of humic substances on dry Wright and mineral nutrients uptake of wheat under calcareous soil conditions. *Aust. J. Basis Appl. Sci.* 3(2), 1266–1273.
115. Kaufmann, G.L.III., Kneivel, D.P., and Watschke, T.L. 2007. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *Crop Sci.* 47, 261–267.
116. Kawka A., Anioła J., Chalcerz A., Kołodziejczyk P., Gąsiorowski H. 1999. Ocena składu chemicznego ziarna wybranych odmian jęczmienia. *Żywność* 3(20), 72–80.
117. Kawka A., Gąsiorowski H. 2000. Skład aminokwasowy wybranych odmian jęczmienia. *Żywność Technologia Jakość*, 7, 39–47.
118. Khan W., Rayirath U., Subramanian S., Jithesh M., Rayorath P., Hodges M., Critchley A., Craigie J., Norrie J., Prithiviraj B. 2009. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *J. Plant Grow. Regul.* 28(4), 386–399.
119. Kierzek R., Dubas M., Matysiak K. 2013. Wpływ łącznego stosowania biostymulatora Aminoplant z herbicydami na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin.* 53(3), 621–626.
120. Kledzik R., Kropkowski M., Rzekanowski C., Żarski J. 2015. Ocena efektywności ekonomicznej nawadniania wybranych upraw polowych. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 2(1), 291–303.
121. Klepacki B., Lowicka A. 2001. Zachowania przedsiębiorstw agrobiznesu wobec wyzwań gospodarki rynkowej. *Rocz-i Nauk. Stow. Ekon. Roln. Agro.* 3(5), 52–57.
122. Klikocka H., Głowacka A., Juszcak D., Cybulska M., Michałkiewicz G., Pawliszak R. 2012. Energochłonność produkcji jęczmienia jarego w warunkach zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia mineralnego. *Fragm. Agron.* 29(3) 2012, 71–80.
123. Klockiewicz-Kamińska E. 2005. Metoda oceny wartości browarnej i klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia. *Centralny Ośrodek Badań Odmian Roślin Uprawnych.* 80, 3–15.

- 124.Klockiewicz-Kamińska E., Brzeziński W.J. 1997. Metoda oceny i klasyfikacji jakościowej odmian pszenicy. *Wiad. Odmianozn.* 67, 1.
- 125.Kocira A., Kocira S., Stryjecka M. 2015. Effect of Asahi SL application on common bean yield. *Agric. Agric. Sci. Procedia.* 7, 103–107.
- 126.Kocoń A., Jadczyższyn T. 2015. Wpływ preparatów mikrobiologicznych, sposobów ich stosowania oraz dawek nawożenia azotem na zawartość przyswajalnego fosforu w glebie i inne wybrane wskaźniki chemiczne żyzności gleby. *Pol. J. Agron.* 21, 11–12.
- 127.Kodłubański T. 2019. Skuteczny biostymulator – dobry wzrost rzepaku. *Portal Rolniczy Okiem Rolnika.* 3, 1–3.
- 128.Kołodziejczyk M. 2014b. Effect of nitrogen fertilization and microbial preparations on potato yielding. *Plant Soil Environ.* 60(8), 379–386.
- 129.Kołodziejczyk M. 2014a. Effectiveness of nitrogen fertilization and application of microbial preparations in potato cultivation. *Turk. J. Agric. For.* 38, 299–310.
- 130.Koszański Z., Friedrich S., Podsiadło C., Rumasz- Rudnicka E., Karczmarczyk S. 2005. Wpływ nawadniania i nawożenia NPK na budowę morfologiczną i anatomiczną, aktywność niektórych procesów fizjologicznych oraz plonowanie truskawki. *Woda-Środowiskowo- Obszary Wiejskie* 2(15), 145–155.
- 131.Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C. 1995. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na jęczmień browarny i pastewny uprawiany na glebie kompleksu żytniego dobrego. *Zesz. Nauk. AR Wrocław.* 267, 161–177.
- 132.Kozak M., Malarz W., Kotecki A., Černý I., Serafin-Andrzejewska M. 2008. Wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu i biostymulatora Asahi SL na skład chemiczny nasion i resztek pozbiorowych soi uprawnej. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops.* 29, 217–230.
- 133.Kozak M., Malarz W., Kotecki A. 2016. Wpływ aplikacji biostymulatorów Plontar i Sunagreen na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej., Konferencja Naukowa „Zrównoważone technologie produkcji roślinnej – człowiek i środowisko” Kraków 2016. 15–17.
- 134.Koziara W., Borowczak F., Grześ S. 1998. Elementy struktury plonu jęczmienia jarego w zależności od deszczowania, nawożenia azotem i technologii uprawy. *Pam. Puław.* 112, 115–120.
- 135.Kozłowska K., Liszewski M. 2013. Hodnocení odrůd jarního ječmene v rámci experimentů po registraci při různé úrovni péstitelské technologie [Research of spring barley under varietal experimentation – post-registration and agricultural technology], W: XI odborný a vědecký seminář: Osivo a sadba: sborník referátů; 7. února 2. 114–117.

- 136.Kozłowska K., Szwed Ł., Zembold-Guła A., Liszewski M., Błażewicz L. 2010. Próba prognozowania wielkości plonu i jakości ziarna jęczmienia browarnego metodami SPAD i Bishopa. w. Jakość i prozdrowotne cechy żywności. red. M. Wojtatowicz, J. Kawa-Rygielska, Warszawa. 47–56.
- 137.Krasowicz S. 1997. Postęp technologiczny warunkiem rozwoju zrównoważonego. *Przegl. Hodow.* 11, 1–3.
- 138.Krężel R. 1979. Plonowanie Pszenicy Ozimej i Jęczmienia Jarego Na Glebie Zwięzłej W Trzyletnich Zmianowaniach. O Różnym Udziale Zbóż. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 218, 69–75.
- 139.Křováček J., Kvapil R., Černý L., Hájek M. 2010. Zvyšování výnosů jarního ječmene stimulatory. Sborník z konference „Sladovnický ječmen- přiměřená ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna“. 8–11.
- 140.Krzyzinska B., Maczynska A., Glazek M., Blazewicz J. 2010. Ocena wpływu ochrony fungicydowej na plon, jakość ziarna i słodu jęczmienia browarnego. *Prog. Plant Prot.* 50(4), 2075–2080.
- 141.Kuchar L., Iwański S. 2011. Symulacja opadów atmosferycznych dla oceny potrzeb nawodnień roślin w perspektywie oczekiwanych zmian klimatycznych. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 5, 7–18.
- 142.Kukuła S., Pecio A., Górski T., 1999. Związek pomiędzy wskaźnikiem klimatycznego bilansu wodnego a zawartością białka w ziarnie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 16 4(64), 81–89.
- 143.Kundzewicz Z., Kozyra J. 2011. Ograniczanie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich. *Pol J. Agron.* 7, 68–81.
- 144.Kunze W. 1999. *Technologia piwa i słodu*, przeł. A. Brudzyński, wyd. Piwochmiel Spółka z o.o., Warszawa.
- 145.Kus J., Jonczyk K., Kawalec A. 2007. Czynniki ograniczające plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach gospodarowania. *Acta Agrophys.* 10, 2(152), 407–417.
- 146.Kuszelewski L., Łabędzki J. 1976. Wpływ nawadniania na działanie i wykorzystanie nawozów mineralnych przez rośliny upraw polowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 181, 297–302.
- 147.Łabędzki L. 2004. Problematyka suszy w Polsce. *Woda-Środowisko- Obszary Wiejskie.* 1(10), 47–66.
- 148.Łabędzki L. 2006. Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. *Woda-Środowisko- Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe i Monografie.* 17, 1–107.
- 149.Łabędzki L. 2000). Przewidywane zmiany klimatyczne a rozwój nawodnień w Polsce. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 3, 7–18.
- 150.Łabędzki L. 2016. Agroklimatyczne uwarunkowania potrzeb melioracji nawadniających. *Inż. Ekol.* 47, 199–204.

151. Łabędzki L., Kanecka-Geszke E. 2015. Sprawdzalność prognozy pogody niedoborów wody roślin uprawianych określonych przy użyciu wskaźnika suszy rolniczej CDI. *Inż. Ekol.* 45, 163–168.
152. Łabędzki L., Bąk B. 2004. Standaryzowany klimatyczny bilans wodny, jako wskaźnik suszy. *Acta Agrophys.* 3(1), 117–124.
153. Łabędzki L., Bąk B. 2011. Prognozowanie suszy meteorologicznej i rolniczej w systemie monitorowania suszy na Kujawach i w Dolinie Górnej Noteci. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 5. 19-28.
154. Łabędzki L., Bąk B., Liszewska M. 2013. Wpływ przewidywanej zmiany klimatu na zapotrzebowanie ziemniaka późnego na wodę. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* (2)1, 155-165.
155. Lehner B., Döll P., Alcamo J., Henrichs H., Kaspar F. 2006. Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. *Clim. Change.* 75, 273–299.
156. Lehner B., Döll P., Alcamo J., Henrichs H., Kaspar F. 2006. Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. *Clim. Change.* 75(3), 273–299.
157. Lemańczyk G., Lisiecki K. 2015. Występowanie patogenów i chorób roślin w warunkach nawadniania. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 3(1), 647–662.
158. Leszczyńska D., Noworolnik K. 2010. Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plonowanie owsa nagoziarnistego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 3(70), 197-204.
159. Leszczyńska D., Sułek A., Nieróbca P. 2010. Ocena ekonomiczna technologii produkcji jęczmienia jarego o różnym poziomie intensywności. *Rocz-i Nauk. Stow. Ekon. Roln. Agro.* 5, 131–135.
160. Lewis M.J., Young T.W. 2001. *Piwowarstwo*, przeł. K. Stachowiak, K. Wojtaś, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa. 1–252, ISBN 83 01 134720
161. Liszewski M. 2008. Reakcja dwóch form jęczmienia jarego pastewnego na zróżnicowane technologie uprawy. *Zesz. Nauk. UP Wrocł. Rozprawy CCLIV.* 565, 1–108
162. Liszewski M., Błażewicz J. 2019. Wartość browarna ziarna nowych odmian jęczmienia typu null-lox. *Fragm. Agron.* 36(2), 55–64.
163. Liszewski M., Błażewicz J., Kozłowska K., Zembold-Guła A., Szwed Ł. 2011. Wpływ nawożenia azotem na cechy rolnicze ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 28(1), 89–95.
164. Liszewski M., Błażewicz J., Zembold- Guła A., Szwed Ł., Kozłowska K. 2012. Wpływ sposobu nawożenia azotem na ekstraktywność słodu jęczmiennego. *Fragm. Agron.* 29(1), 93–104.
165. Liszewski M., Szybica K. 2002. Ocena efektywności trzech technologii produkcji nieoplewionej odmiany jęczmienia jarego Rastik. *Pam. Puł.* 131, 15–24.

- 166.Liszewski M., Zalewski D., Zubowski K. 2015. Ocena opłacalności uprawy jęczmienia jarego w zależności od intensywności technologii w warunkach województwa dolnośląskiego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 583, 97–105.
- 167.López-Bellido L., López-Bellido R., Castillo J., López-Bellido F. 2001. Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. Field Crops Res. 72(3), 197–210.
- 168.Maciejewski T., Szukała J., Jarosz A. 2007. Wpływ biostymulatora Asahi SL i Atonik SL na cechy jakościowe bulw ziemniaka. J. Res. Appl. Agric. Eng. 52(3) 109–112.
- 169.Mahmouda O.M.B., Hidria R., Talbi-Zribia O., Taamalli W., Abdellya C., Djébali N. 2020. Auxin and proline producing rhizobacteria mitigate salt-induced growth inhibition of barley plants by enhancing water and nutrient status. S. Afr. J. Bot. 128, 209–217.
- 170.Majcherczak E., Cwojdzński W., Nowak K. 2003. Wpływ wzrastającego nawożenia azotem na skład aminokwasowych białek ziarna jęczmienia ozimego. Acta Sci. Pol. Agricultura 2(2), 11–18.
- 171.Malarz W., Kozak M., Kotecki A. 2008. The use of Asahi SL biostimulator in spring rape growing. Biostimulators in modern agriculture. Monographs series: Field crops. red. Z. Dąbrowski, Wieś Jutra, 25–32.
- 172.Mancuso S., Azzarello E., Mugnai S., Briand X. 2006. Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants, Adv. Hort. Sci. 20(2), 156–161.
- 173.Manteuffel H. 1989. Potrzeby deszczowania roślin w świetle stymulacji bilansowej metody sterowania nawadnianiem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 343, 171–175.
- 174.Markham B.L., 2012. Part III, Beer from Seed to Glass. The Mini FARMING™ Guide to Fermenting. Self-Sufficiency from Beer and Cheese to Wine and Vinegar, 67–121.
- 175.Marks L., Ber A., Gogołek W., Piotrowska K. 2006. Geological Map of Poland 1:500 000 with Explanatory Text [Mapa Geologiczna Polski 1:500 000 wraz z tekstem objaśniającym]. Polish Geological Institute, Warsaw. https://www.academia.edu/9992514/Marks_L_Ber_A_Gogo%C5%82ek_W_Piotrowska_K_Eds_2006_Geological_Map_of_Poland_1_500_000_with_Explanatory_Text_Map%C5%82ek_W_Piotrowska_K_Eds_2006_Geological_Map_of_Poland_1_500_000_wraz_z_tekstem_obja%C5%9Bniaj%C4%85cym_Polish_Geological_Institute_Warsaw. (dostęp 15.05.2023).
- 176.Matyjaszczyk E. 2015. The introduction of biostimulants on the Polish market. The present situation and legal requirements Wprowadzanie biostymulatorów do obrotu handlowego w Polsce.

Sytuacja bieżąca i uwarunkowania prawne Przemysł chemiczny, 10, 1841–1844. doi:10.15199/62.2015.10.40.

177. Matyjaszczyk E., Śliwa J., Sobczak J. 2008. Qualification of biostimulators for use In ecological farming In Poland. Biostimulators In modern agriculture. Warsaw, 24–29.
178. Matysiak K., 2010. Technologicznie i interwencyjnie z biostymulatorem w zbożach. Wiadomości Rolnicze, 3, 1. <https://www.wrp.pl/technologicznie-i-interwencyjnie-z-biostymulatorem-w-zbozach/>. (dostęp 15.05.2023).
179. Michalak D. 2016. Analiza ryzyka pogodowego w branży rolniczej, jako istotny element działań adaptacyjnych do zmian klimatu. *Ekonomia i Środ.* 2(57), 95–111.
180. Michalski T. 2008. Possibilities of maize production increase using non-conventional technologies. Biostimulators In modern agriculture. Warsaw, 30–53.
181. Michelakis N., Vougioucalou E., Clapaki G. 1993. Water use, wetted soil volume, root distribution and yield of avocado under drip irrigation. *Agric. Water Manage.* 24(2), 119–131.
182. Mizak K., Pudelko R., Kozyra J., Nieróbca A., Doroszewski A., Świtaj Ł., Łopatka A. 2011. Wpływ monitoringu suszy rolniczej w uprawach pszenicy ozimej w Polsce w latach 2008-2010. *Woda-Środowiskowo-Obszary Wiejskie.* 11(2). 95–107.
183. Mollah M.S.I., Paul N.K. 2007. Influence of irrigation, fertilizer and variety on grain growth of barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. bio-sci.*, 15, 69–75. doi:<https://doi.org/10.3329/jbs.v15i0.2205>
184. Moreno A., Moreno M.M., Ribas F., Cabello M.J. 2003. Influence of nitrogen fertilizer on grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) under irrigated conditions. *Span. J. Agric. Res.* 1(1), 91-100.
185. Mualem Y., Assouline S., Rohdenburg H. 1990. Rainfall induced soil seal. A critical review of observations and models. *Dept. of Soil and Water Sciences, Catena.* 17(2), 185–203.
186. Mucha-Leszko B. 2004. Ewolucja wspólnej polityki rolnej UE - przesłanki i uwarunkowania zmian systemowych. *Ann. UMCS Sec. H. XXXVIII.*, 25–4.
187. Murawska B., Gabrowska M., Szychaj-Fabisiak E., Wszelaczynska E., Chmielewski J. 2017. Production and environmental aspects of the application of biostimulators Asahi SL, Kelpak SL and stimulator Tytanit with limited doses of nitrogen. *Environ Prot. Nat. Res.* 28 4(74), 10–15. doi: <https://doi.org/10.1515/oszn-2017-0024>
188. Muurinen S., Slafer G.A., Peltonen-Sainio P. 2006. Breeding effects on nitrogen use efficiency of spring cereals under northern conditions. *Crop Sci.* 46, 561– 568.
189. Mystkowska I.T. 2018. Biostymulatory, jako czynnik wpływający na plon ziemniaka jadalnego. *Acta Agroph.* 25(3), 307–315.

190. Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., Liszewski M. 2003. Effects of cultivation systems and harvest times on the health of spring barley grain. *Phytopathol. Pol.* 61–71.
191. Narkiewicz-Jodko M., Liszewski M. 2004. Wpływ warunków przechowywania na zdrowotność i cechy towaroznawcze ziarna jęczmienia jarego. *Pam. Puław.* 2004, 35, 189–198.
192. Nevo E., Chen G. 2010. Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. *Plant, Cell Environ.* 33, 670–685.
193. Nieróbca P., Grabiński J., Szeleźniak E. 2008. Wpływ intensywności technologii uprawy zbóż w płodozmianie zbożowym na efektywność produkcyjną i ekonomiczną. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(3), 73–80.
194. Noworolnik K. 2007. Kształtowanie, jakości ziarna jęczmienia browarnego poprzez zabiegi agrotechniczne. *Studia i Raporty IUNG-PIB Puławy.* 9, 65–75.
195. Noworolnik K. 2012. Wpływ fungicydów na plonowanie i jakość ziarna browarnych odmian jęczmienia. *Prog. Plant Prot.* 53 (3), 642–645.
196. Noworolnik K. 2013. Plonowanie i jakość ziarna odmian jęczmienia jarego w zależności od dawki azotu. *Fragm. Agron.* 30(3), 123–131.
197. Noworolnik K. 2014. Plonowanie i jakość ziarna jęczmienia jarego browarnego w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. *Studia i raporty IUNG-PIB Puławy.* 41(15), 129–46.
198. Noworolnik K., Hołubowicz-Kliza G. (2007). Uprawa jęczmienia jarego na cele browarne. *IUNG-PIB Puławy.* 133, 1–46.
199. Noworolnik K., Leszczyńska D. 2018. Porównanie reakcji odmian jęczmienia jarego na termin siewu. *Pol. J. Agron.* 32, 17–22.
200. Noworolnik K., Leszczyńska D., Dworakowski T., Sułek A. 2009. Wpływ odmiany i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia ozimego. *Fragm. Agron.* 26(2), 89–95.
201. Noworolnik K., Leszczyńska D., Najewski A. 2007. Charakterystyka i technologia uprawy odmian jęczmienia jarego na cele pastewne i browarne. *IHAR Radzików.* 1–46.
202. Noworolnik K., Ruszkowska B. 1987. Plon ziarna i białka jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu. *Rocz-i Nauk Roln.* 106(3), 85–96.
203. O'Donovan J.T., Turkington T.K., Edney M.J., Clayton G.W., McKenzie H.R., Juskiw P.E., Lafond G.P., Grant C.A., Brandt S., Harker K.N., Johnson E.N., May W.E. 2011. Seeding rate, nitrogen rate, and cultivar effects on malting barley production. *Agron. J.* 103, 709–716.

- 204.Olesen J.E., Bindi M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur. J. Agron.* 16, 239–262.
- 205.Oracka T., Trzecki S. 1986a. Plonowanie jęczmienia jarego i ilość pobieranej wody przez zróżnicowanych wilgotnościach gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 284, 521–536.
- 206.Oracka T., Trzecki S. 1986b. Pobieranie i wykorzystanie składników mineralnych z gleby przez jęczmień jary w zależności od stanu jej wilgotności. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 284, 521–536.
- 207.Pal J., Piotrowska A., Adamiak J., Czerwińska-Ledwig O. 2019. Piwo i surowce browarnicze w kosmologii oraz kąpiele piwne, jako forma zabiegowa. *Post. Fitoterapii.* 2, 144–153.
- 208.Panasiewicz K., Koziera W. 2007. Plonowanie i wartość siewna ziarna pszenicy ozimej w zależności od uwarunkowań wodnych i sposobu uprawy roli. *Fragm. Agron.* 34, 65–72.
- 209.Panek K. 1976. Zmienność cech morfologicznych i plonu pszenicy ozimej i jarej pod wpływem nawadniania oraz zróżnicowanego nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 181, 173–233.
- 210.Panek K. 1989. Potrzeby wodne roślin zbożowych. w *Potrzeby wodne roślin uprawnych*, red. J. Dzieżyc, PWN Warszawa. 50–84.
- 211.Pecio A. 2002. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 4(76), 4–112.
- 212.Pecio A. 2005. Zróżnicowanie zawartości białka w ziarnie odmian jęczmienia browarnego zależne od stanu odżywienia roślin azotem. *Pam. Puław.* 139, 145–160.
- 213.Pecio A., Bichoński A. 2003. Plon i jakość browarna ziarna jęczmienia jarego w zależności od sposobu ochrony roślin przed chorobami. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 230, 317–326.
- 214.Pecio A., Kubsik K., Bichoński A. 2005. Przyczyny zmienności plonu i jakości ziarna jęczmienia jarego w obrębie pola produkcyjnego. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 236, 157–166.
- 215.Pecio A., Pawłowska J., Bichonska A. (2000) Plonowanie i wartość browarna ziarna odmian jęczmienia jarego na tle zróżnicowanych sposobów ochrony zasiewów. *Fragm. Agron.* 17(2), 45–61.
- 216.Petkova M. 1989. The effect of mineral fertilization on the productivity of new brewer's barley cultivars. *Plant Sci.* 26(4), 24–27.
- 217.Piechowiak K., Lehmann K., Orłowski F., Borówczak F. 1982. Wpływ deszczowania oraz nawożenia mineralnego na zawartość makroelementów w biomacie roślin uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 236, 273–282
- 218.Piskier T. 2006. Reakcja pszenicy jarej na stosowanie biostymulatorów i absorbentów glebowych. *J. Res. Appl. Agric. Engin.* 51(2), 136–38.

- 219.PN-EN ISO 6869:2002 Pasze -- Oznaczanie zawartości wapnia, miedzi, żelaza, magnezu, manganu, potasu, sodu i cynku -- Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej.
- 220.PN-ISO 10381-2:2007 - Jakość gleby -- Pobieranie próbek -- Część 2: Zasady dotyczące technik pobierania.
- 221.PN-ISO 10390: 1997 Jakość gleby -- Oznaczanie pH.
- 222.PN-R-04022:1996/Az1:2002 Analiza chemiczno-rolnicza gleby -- Oznaczanie zawartości przyswajalnego potasu w glebach mineralnych.
- 223.PN-R-04023:1996, Analiza chemiczno-rolnicza gleby -- Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych.
- 224.PN-R-74110: 1998 Jęczmień -- Metody badań.
- 225.Podsiadło C. Błaszowski J., Zbieć I., Karczmarczyk S., Koszański Z. 2002. Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na wielkość i jakość plonu zbóż jarych oraz występowanie grzybów arbuskularnych w glebie lekkiej. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 484, 519–528.
- 226.Podsiadło C. 1993. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie pszenicy ozimej, praca doktorska, Akademia Rolnicza, Wydział Rolniczy, Szczecin.
- 227.Poterańska N., Mijowska K., Ochmian I. 2015. Wpływ aplikowanych dolistnie biostymulatorów i środków wapniowych na wzrost krzewów, plonowanie oraz jakość owoców jagody kamczackiej (*Lonicera caerulea* L.) odmiany Czarna. Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce - Nauki Przyrodnicze, 131–138.
- 228.Pruszyński S. 2008. Biostymulators in plant protection. Monographs series: Biostymulators in modern agriculture, General Aspect. Wieś Jutra, 18–23.
- 229.Przybyła C., Kozaczyk P. 1996. Efektywność produkcyjna nawodnień deszczownianych w dużych gospodarstwach rolnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 438, 133-139.
- 230.Psota V., Vejrazka K. 2006. Physical characters of barley caryopses and grains of Malt. Kvasný Průmysl. 52(6), 185–189.
- 231.Qureshi Z.A., Neibling H. 2009. Response of two-row malting spring barley to water cutoff under sprinkler irrigation. Agric. Water Manage. 96, 141–148.
- 232.Randall D.A., Wood R.A., Bony S., Colman R., Fichfet T., Fyfe J., Kattsov V., Pitman A., Shukla J., Srinivasan J., Stouffer R.J., Sumi A., Taylor K.E. 2007. Climate models and their evaluation. w: Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tigno.

- 233.Reitz S.R. Trumble J. T. 1996. Effects of cytokinin-containing seaweed extract on *Pheasolus lunatus* L. Influence of nutrient availability and apex removal. *Bot. Mar.* 39(1), 33–38.
- 234.Rejda W. 1987. Efektywność deszczowania i nawożenia mineralnego jęczmienia jarego na glebie lekkiej w regionie Krakowa. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 314, 305-318.
- 235.Rodriguez R.J., Henson J., Van Volkenburgh E., Hoy M., Wright L., Beckwith F., Kim Y.O., Redman R. 2008. Stress tolerance in plants via habitat-adapted symbiosis. *The ISME Journal.* 2, 404–416.
- 236.Rokosz E., Podsiadło C. 2015. Wpływ deszczowania, systemu uprawy i nawożenia mineralnego na plonowanie i właściwości fizyczne gleby lekkiej w uprawie odmian bobiku. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 3(1), 625–636.
- 237.Rombel-Bryzek A., Pisarek I. 2017. Wpływ kwasów humusowych na aktywność metaboliczną buraka cukrowego w warunkach suszy. *Proceedings of ECOplote* doi: 10.2429/proc.2017.11(1)030. 271–286.
- 238.Rudnicki F., Wasilewski P., Ubranowski S. 1996. Reakcje pszenicy ozimej i żyta na ilość i rozkład opadów a celowość ich nawadniania na glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 438, 33–41.
- 239.Rutkowska B., Szulc W., Stępień W. 2007. Ocena wartości nawozowej podłoża po hodowli mikroorganizmów probiotycznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 518, 167–173.
- 240.Rzekanowski Cz. 2000. Perspektywy nawodnień roślin wobec nadchodzących przemian w polskim rolnictwie. *Ekol. Techn.* 8(3), 83–91.
- 241.Rzekanowski Cz., Żarski J. 1997. Nawadnianie gleb lekkich, jako sposób ochrony rolniczej przestrzeni produkcyjnej. *IMUZ Falenty, Materiały seminaryjne* 39, 93–101.
- 242.Rzekanowski Cz., Żarski J., Rolbiecki S. 2011. Potrzeby, efekty i perspektywy nawadniania roślin na obszarach szczególnie deficytowych w wodę. *Post. Nauk Rol.* 63(1), 51–63.
- 243.Sadowska U. 2006. Wpływ gęstości siewu jęczmienia nago- i okrytoziarnistego na plon i straty podczas zbioru kombajnowego. *Inż. Roln.* 12, 449–458.
- 244.Samarah N.H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agron. Sustain. Dev.* 25(1), 145–149.
- 245.Sánchez-Díaz M., García J.L., Antolín M.C., Araus J.L. (2002). Effects of soil drought and atmospheric humidity on yield, gas exchange, and stable carbon isotope composition of barley, *Photosynthetica*, 40, 415–421.
- 246.Sarir M.S., Sharif M., Ahmed Z. Akhlaq M. 2005. Influence of different levels of humic acid application by various methods on the field and field components of maize. *Sarhad J. Agric.* 21(1), 75–81.

- 247.Savin R.S, Nicolas M.E. 1996. Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. *Aust. J. Plant Physiol.* 23, 201–210.
- 248.Sawicka B., Krochmal-Marczak B. 2009. Wpływ stosowania nawozu dolistnego Insol 7 i bioregulatora Asahi SL na zdrowotność bulw kilku odmian ziemniaka. *Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura*, 64(2), 29–38.
- 249.Segura A., Itoiz A., Baroja E., Codesido E. 1999. Dosis de abonado nitrogenado en cebadas malteras: Influencia sobre la producción y la calidad. *Navarra Agraria*. 112, 28–32.
- 250.Selyaninov G.T. 1928. About climate agricultural estimation. *Proc. Agric. Meteorol.* 20, 165–177.
- 251.Sentelhas P.C., Gillespie T.J., Santos EA.. 2010. Evaluation of FAO Penman–Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. *Agric. Water Manage.* 97, 635–644.
- 252.Serafin-Andrzejewska M., Kozak M. 2018. Reakcja gorczycy białej uprawianej na nasiona na włączenie biostymulatora Asahi SL do technologii uprawy Cz. I. Cechy morfologiczne roślin przed zbiorem i plon nasion. *Fragm. Agron.* 35(3), 89–98.
- 253.Sharma H.S.S., Fleming C., Selby C., Rao J.R., Martin T. 2014. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *J. Appl. Phycol.* 26(1), 465–490.
- 254.Sikorska A., Gugła M., Zarzecka K. 2018. Response of winter rapeseed to biostimulator application and sowing method. Part II. Seed yield components. *Acta Sci. Pol. Agricultura*. 17(4), 215–223.
- 255.Simpson W.J. (1999). Good Malt – Good Beer? Australian Barley Technical Symposium. <http://www.regional.org.au/au/abts/1999/simpsons.htm>. (dostęp 15.05.2023).
- 256.Słowiński A. 2004. Biostymulatory w nowoczesnej uprawie roślin. *Wiś Jutra*. 3(68), 25–26.
- 257.Smith C.J., Gyles O.A. 1988. Fertilizer nitrogen balance on spring irrigated malting barley. *Fertilizer Res.* 18, 3–12.
- 258.Socha J. 2008. Principle biologického účinku regulátoru Sunagreen. Csc, Biosfor s.r.o., Pardubice: 2–3.
- 259.Sosulski F.W., Paul A.E. Hutcheon W.L. 1963.The influence of soil moisture, nitrogen fertilization, and temperature on quality and amino acid composition of thatcher wheat. *Can. J. Soil Sci.* 43, 219-228.
- 260.Stirk W.A.,Novák O., Hradecká V., Pěňčík A., Rolčík J., Strnad M., Van Staden J. 2009. Endogenous cytokinins, auxins and abscisic acid in *Ulva fasciata* (Chlorophyta) and *Dictyota humifusa* (Phaeo-

- phyta): towards understanding their biosynthesis and homoeostasis. Eur. J. Phycol. 44, 231–240. doi.org/10.1080/09670260802573717
261. Stypczyńska Z., Dziamski A. 2008. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na masę i rozmieszczenie systemu korzeniowego prosa (*Panicum miliaceum* L.) na glebie bardzo lekkiej. Acta Sci. Pol., Agricultura 7(1), 93–101.
262. Suarez C, Cardinale M, Ratering S, Steffens D, Jung S, Montoya AMZ, Geissler-Plaum R., Schnel S. 2015. Plant growth-promoting effects of *Hartmannibacter diazotrophicus* on summer barley (*Hordeum vulgare* L.) under salt stress. Appl Soil Ecol. 95, 23–30.
263. Sulewska H., Koziara W., Ptaszyńska G. 2005. Plonowanie i stan odżywienia roślin kukurydzy po zastosowaniu doglebowych preparatów mikrobiologicznych. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, t. 2, pod red. Z. Zbytka, PIMR Poznań. 133–139.
264. Sultana V., Ehteshamul-Haque S., Ara J., Athar M. 2005. Comparative efficacy of brown, green and red seaweeds in the control of root infecting fungi and okra. Int. J. Environ. Sci. Tech. 2(2), 129–132.
265. Szewczuk C., Sugier D. 2009. Ogólna charakterystyka i podział nawozów dolistnych oferowanych na polskim rynku. Ann. UMCS Sec.E. Agricultura, 64 (1), 29–36.
266. Szmigiel A., Kołodziejczyk M., Oleksy A., Kulig B. 2016. Reakcja odmian jęczmienia jarego browarnego na zróżnicowanie technologii uprawy. Fragm. Agron. 33(2), 81–91.
267. Sztuder H., Świerczewska M. 2004. Wpływ dolistnego stosowania nawozów mikroelementowych na wielkość i jakość plonu wybranych zbóż. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 502, 357–362.
268. Tallberg A., Eggum B.O. 1986. Grain yields and nutritional qualities of some high-lysine barley hybrids. J. Cereal Sci. 4, 345–354.
269. Tejda M., Gonzales J.L. 2003. Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparagus. Biol. Agric. Hortic. 21, 277–291.
270. Thevanathan R.A., Dinamani D.S, Bhavani L.G. 2005. Studies on the impact of application of marine algal manure and liquid fertiliser on the linear growth of the seedlings of some pulses. Seaweed research Utilisation, 27(1/2), 125–133.
271. Thompson T.L., Ottman M.J., Riley-Saxton E. 2004. Basal steam nitrate tests for irrigated malting barley. Agronomy J. 96, 516–524.
272. Tkaczyk P., Bednarek W., Dresler S. 2010. Plonowanie jęczmienia jarego w zależności od niektórych właściwości gleby i zabiegów agrotechnicznych. Ann. UMCS Sec.E. Agricultura, 65(3), 10–16.
273. Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. 2006. Wpływ nawożenia azotowego na plon ziarna, zawartość białka i elementy struktury plonu owsa. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 239, s. 41–47.

274. Tóth N. 2011. The effect of ecological factors on the technological properties of barley and malt. Thesis of Ph.D. dissertation, Szent Istvan University.
275. Trawczyński C. 2014. Wpływ biostymulatorów aminokwasowych – Tecamin – na plon i jakość ziemniaków. *Ziemniak Polski* nr 3, 29–34.
276. Trawczyński C. (2017). Wpływ dolistnych nawozów makro- i mikroelementów na plon i jakość bulw ziemniaka. *Ziemniak Polski*. 2, 15–20.
277. Trawczyński C., Bogdanowicz P. 2007. Wykorzystanie użyźniacza glebowego w aspekcie ekologicznej uprawy ziemniaka. *J. Res. Appl. Agric. Engin.* 52(4), 94–97.
278. Treder W., Wójcik K., Żarski J. 2010. Wstępna ocena możliwości szacowania potrzeb wodnych roślin na podstawie prostych pomiarów meteorologicznych. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa*. 18, 143–154.
279. Trybała M., Chylińska E. 1996. Nawadnianie, jako czynnik kształtowania produkcji roślinnej na glebie kompleksu żytniego dobrego. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.* 438, 155–164.
280. Tuhy Ł., Chowańska J., Chojnacka K. 2013. Ekstrakty glonowe, jako biostymulatory wzrostu roślin: przegląd piśmiennictwa. *Chemik*. 67(7), 636–641.
281. Van Oosten M.J., Pepe O., De Pascale S., Silletti S., Maggio A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4(5), 2–12.
282. Vavrina C.S. 1998a. Atonik plant growth stimulator: Effect on bell pepper under drip irrigation in SW Florida. *Veg. Hortic.* 23 Mar. 98.
283. Vavrina C.S., 1998b. Atonik plant growth stimulator: Effect on cucumber under seepage irrigation in SW Florida. *Veg. Hortic.* 30 Mar. 98.
284. Vavrina C.S., 1998c. Atonik plant growth stimulator: Effect on tomato under seepage irrigation in SW Florida. *Veg. Hortic.* 06 Apr. 98.
285. Voltas J., van Eeuwijk F.A., Sombrero A., Lafarga A., Igartua E., Romagosa I. 1999. Integrating statistical and ecophysiological analyses of genotypes by environment interaction for grain filling of barley: I. Individual grain weight, *Field Crop Res.* Tom 62, 63–74.
286. Walens M. (2003). Wpływ nawożenia azotowego i gęstości siewu na wysokość i jakość plonu ziarna odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 229, 115–123.
287. Wang L, Wang S, Chen W, Li H, Deng X. 2017. Physiological mechanisms contributing to increased water-use efficiency in winter wheat under organic fertilization. *PLoS ONE* 12(6): doi.org/10.1371/journal.pone.0180205.

288. Wells S.A., Dubetz S. 1966. Reaction of barley varieties to soil water stress. *Can. J. Plant Sci.* 46, 507–512.
289. Wenda-Piesik A., Kazek M., Ropińska P. 2017. Wpływ aminokwasowego biostymulatora i nawozu mikroelementowego stosowanego nalistnie na produktywność rzepaku ozimego. *Fragm. Agron.* 34(3), 119–129.
290. Wojtasik D. 2004. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie jęczmienia browarnego i pastewnego uprawianego na glebie lekkiej. Cz. II. Plon i jakość ziarna. *Acta Sci. Pol. Agricultura.* 3(2), 131–142.
291. Wojtkowiak K., Stępień A. 2015. Nutritive value of spelt (*Triticum aestivum* spp. *spelta* L.) as influenced by the foliar application of copper, zinc and manganese. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(4) 389–396.
292. Wu D., Shen Q., Cai S., Chen Z., Dai F., Zhang G. 2013. Ionomic Responses and Correlations Between Elements and Metabolites Under Salt Stress in Wild and Cultivated Barley. *Plant Cell Physiol.* 54(12), 1976–1988.
293. Wyszynski Z., Gozdowski D., Łoboda T., Pietkiewicz S., Wołejko E. 2002. Reakcja jęczmienia jarego browarnego w latach o zróżnicowanych opadach przy różnym nawożeniu azotem, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 481, 349–355.
294. Xu L., Geelen D. 2018. Developing Biostimulants From Agro-Food and Industrial By-Products. – *Front. Plant Sci.* 8.
295. Yawson D.O., Adu M.O., Armah F.A. 2020. Impacts of climate change and mitigation policies on malt barley supplies and associated virtual water flows in the UK. *Sci Rep.* 10(1), 376. doi: 10.1038/s41598-019-57256-3.
296. Yigit F., Dikilitaş M. 2008. Effect of humic acid applications on the root-rot diseases caused by *Fusarium* spp. on tomato plants. *Plant Pathol. J.* 7(2), 179–182.
297. Yokoya N.S., Stirk W.A., van Staden J., Novák O., Turecková V., Penčík A., Strnad M. (2010) Endogenous cytokinins, auxins, and abscisic acid in red algae from Brazil. *J. Phycol.* 46(6), 1198–1205. doi: 10.1111/j.1529-8817.2010.00898.x
298. Zhang H., Oweis T., Garabet S., Pala M. 1998. Water-use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rain-fed conditions and supplemental irrigation in a Mediterranean-type environment. *Plant Soil.* 295, 295–305.
299. Ziernicka-Wojtaszek A. 2012. Porównanie wybranych wskaźników oceny suszy atmosferycznej na obszarze województwa podkarpackiego (1901-2000). *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie.* 12, 2(38), 365–376.

300. Ziernicka-Wojtaszek A., Zuśka Z., Piskulak P. 2015. Potrzeby opadowe roślin uprawnych w aspekcie współczesnych zmian klimatu. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 3(1), 507–514.
301. Żarski J. 1993a. Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na wysokość i jakość plonu jęczmienia jarego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol.* 159, 517–522.
302. Żarski J. 1993b. Reakcja zbóż jarych na deszczowania i nawożenia azotowe na wysokość w warunkach gleby bardzo lekkiej. *ATR Bydgoszcz. Rozprawy* 59.
303. Żarski J. 2009. Efekty nawadniania roślin zbożowych w Polsce. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 3, 29–42.
304. Żarski J. 2011. Tendencje zmian klimatycznych wskaźników potrzeb nawadniania roślin w rejonie Bydgoszczy. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 5, 29–37.
305. Żarski J., Błażewicz J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., Geldarska A. 2015. Ocena efektywności deszczowania jęczmienia jarego w aspekcie poprawy przydatności słodowniczej ziarna. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 1, 593–602.
306. Żarski J., Błażewicz J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., Zembold-Guła A. 2011b. Ocena celowości stosowania deszczowania w technologii uprawy jęczmienia browarnego – wstępne wyniki badań. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 5. 229–239.
307. Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R. 2009. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia browarnego na glebach lekkich. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 3, 69–78.
308. Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., Rolbiecki R., Rolbiecki S. 2013b. Prognozowanie efektów nawadniania roślin na podstawie wybranych wskaźników suszy meteorologicznej i rolniczej. *Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska Rocznik Ochrony Środowiska*, 15, 2185–2203.
309. Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., Januszewska-Kłapa K. 2013. Ocena potrzeb i przewidywanych efektów deszczowania zbóż jarych w rejonie kujawsko – pomorskim. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 1, 97–107.
310. Żarski J., Dudek S. 2005. Wpływ deszczowania na plonowanie jęczmienia browarnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 506, 575–582.
311. Żarski J., Dudek S., Grabarczyk S., Rolbiecki S., Rzekanowski, C. 2000. Simple method for sprinkler irrigation control of vegetables on the base of rainfall measurement. *Acta Hort.* 537, 557–561.
312. Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R. 2011c. Potrzeby deszczowania jęczmienia browarnego w zależności od rodzaju gleby. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 5, 203–214.

313. Żarski J., Dudek, S., Kuśmierk- Tomaszewska R., Błażewicz J., Zembold-Guła A. 2013a. Ocena wpływu deszczowania i nawożenia azotem na wysokość i jakość plonu dwóch odmian jęczmienia browarnego. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 2/1, 77–92.
314. Żarski J., Dudek, S., Rzekanowski C. 2005. Zapobieganie skutkom posuch na przykładzie wieloletnich badań z deszczowaniem jęczmienia jarego. *Woda- Środowisko- Obszary Wiejskie.* 5(14), 383–392.
315. Żarski J., Treder W., Dudek, S., Kuśmierk-Tomaszewska R. 2011a. Ustalenie terminów nawadniania na podstawie prostych pomiarów meteorologicznych. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 6, 101–108.
316. Zbieć I., Koszański Z., Podsiadło C. 1996. Reakcja trzech odmian pszenicy jarej na deszczowanie i nawożenie mineralne na glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 438, 345–350.
317. Zembold-Guła A., Błażewicz J., Liszewski M. 2009. Malting time of brewing barley grain as a factor modifying the quality of pilzner tyle malt. *J. Cent. Eur. Agric.* 10(4) 341–346.
318. Zembold-Guła A., Kozłowska K., Szwed Ł., Błażewicz J., Liszewski M. 2010. Wartość słodownicza ziarna jęczmienia w zależności od stanu odżywienia roślin azotem. w. *Jakość i prozdrowotne cechy żywności* M. Wojtatowicz, J. Kawa-Rygielska, Warszawa, 57–64.
319. Żuk-Gołaszewska K., Truszkowski W., Winnicki T. 2010. Possibilities for improvement of economic and energetic effectiveness of spring barley production depending on nitrogen fertilization level. *Acta Sci. Pol. Agricultura,* 9(3), 97–107.
320. <https://www.browary-polskie.pl/wp-content/uploads/2022/03/Rynek-piwa-w-Polsce-2021-rok.pdf> (dostęp 14.04.2023).
321. <https://gryfino.szczecin.lasy.gov.pl/obszary-natura-2000> (dostęp 14.04.2023).
322. [file:///C:/Users/dorot/Downloads/rocznik_statystyczny_rzeczypospolitej_polskiej_2020_korekta_30.09.2021%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/dorot/Downloads/rocznik_statystyczny_rzeczypospolitej_polskiej_2020_korekta_30.09.2021%20(1).pdf) (dostęp 14.04.2023).
323. https://modr.pl/sites/default/files/brochures/jeczmiem_jary_www.pdf (dostęp 14.04.2023).
324. <http://bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/txt/mgsp0384.pdf> (dostęp 14.04.2023).
325. <https://www.actahort.org/books/1009/> (dostęp 14.04.2023).
326. <https://agronews.com.pl/artykul/biostymulatory-pod-lupa-naukowcow/> (dostęp 14.04.2023).
327. https://coboru.gov.pl/pl/kr/kr_odm?kodgatunku=JEZJ (dostęp 14.04.2023).
328. <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/wykaz-nawozow-i-srodkow-wspomagajacych-uprawe-roslin> (dostęp 14.04.2023).

8. SPIS TABEL, RYCIN I WYKRESÓW

8.1. Spis tabel

Tabela nr	Tytuł tabeli	Strona
1.	Optymalna ilość opadów (w mm) dla wybranych gatunków roślin*	10
2.	Straty plonu roślin uprawnych wywołane działaniem stresu biotycznego i abiotycznego (Matysiak 2010).....	20
3.	Terminy i dawki wody zastosowane do deszczowania ($\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}$).....	30
4.	Schemat stosowanych aplikacji biostymulatorów w latach 2016-2018.....	31
5.	Zabiegi agrotechniczne wykonywane w czasie przeprowadzonych doświadczeń.....	33
6.	Średnia temperatura powietrza i sumy opadów w okresie wegetacji jęczmienia jarego w latach 2016-2018 na tle wielolecia	39
7.	Współczynnik hydrotermiczny Sielianiowa K w sezonie wegetacyjnym jęczmienia jarego w latach 2016-2018.....	41
8.	Ocena istotności dla plonu, jego struktury oraz cech biometrycznych jęczmienia jarego, średnio z lat 2016-2018	44
9.	Plon, jego struktura i cechy biometryczne jęczmienia jarego w latach 2016-2018.....	45
10.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na plon ziarna, średnia z lat 2016-2018.....	45
11.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na liczbę kłosów z 1 m^2 , średnia z lat 2016-2018.....	46
12.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na liczbę ziaren w kłosie, średnia z lat 2016-2018.....	46
13.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na masę tysiąca ziaren, średnia z lat 2016-2018.....	47
14.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na masę ziarna z kłosa, średnia z lat 2016-2018.....	48
15.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na długość kłosa, średnia z lat 2016-2018.....	48
16.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na długość źdźbła, średnia z lat 2016-2018.....	49
17.	Zależność pomiędzy plonem ziarna ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a jego strukturą i cechami biometrycznymi roślin w zależności od wariantów nawadniania ($n=36$).....	50
18.	Zależność pomiędzy plonem ziarna ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a jego strukturą i cechami biometrycznymi roślin w zależności od	52

	wariantów biostymulacji (n=18).....	
19.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na wskaźnik pokrycia liścia LAI jęczmienia jarego, średnia z lat 2017-2018.....	54
20.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na indeks zazielenienia SPAD jęczmienia jarego, średnia z lat 2017-2018.....	55
21.	Ocena istotności dla składu chemicznego gleby, średnia z lat 2016-2018.....	56
22.	Skład chemiczny gleby w latach 2016-2018.....	56
23.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na pH_{KCl} , średnia z lat 2016-2018.....	56
24.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość azotu ($g \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	57
25.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość fosforu ($g P \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	58
26.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość potasu ($mg K \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018....	58
27.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość wapnia wymiennego ($mg Ca \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	59
28.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość magnezu wymiennego w glebie ($mg Mg \cdot kg^{-1}$) średnia z lat 2016-2018.....	60
29.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość substancji organicznej ($g \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	61
30.	Ocena istotności chemicznych i fizykochemicznych parametrów ziarna jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	62
31.	Parametry chemiczne i fizykochemiczne ziarna jęczmienia jarego, w latach 2016-2018.....	63
32.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość azotu ($g N \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	63
33.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość fosforu ($g P \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	64
34.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość potasu ($mg K \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	64
35.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość wapnia ($mg Ca \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018...	65
36.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość magnezu ($mg Mg \cdot kg^{-1}$), średnia z lat 2016-2018	66

37.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość żelaza ($\text{mg Fe} \cdot \text{kg}^{-1}$), średnia z lat 2016-2018....	66
38.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość cynku ($\text{mg Zn} \cdot \text{kg}^{-1}$), średnia z lat 2016-2018...	67
39.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość manganu ($\text{mg Mn} \cdot \text{kg}^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	68
40.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość sodu ($\text{mg Na} \cdot \text{kg}^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	69
41.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na poziom wilgotności (%), średnia z lat 2016-2018.....	69
42.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na zawartość białka (%), średnia z lat 2016-2018.....	70
43.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na gęstość ziarna w stanie zsypanym ($\text{kg} \cdot \text{hl}^{-1}$), średnia z lat 2016-2018.....	71
44.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na wyrównanie ziarna (%), średnia z lat 2016-2018.....	71
45.	Ocena istotności dla parametrów jakościowych zamoczki (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	73
46.	Ocena wpływu lat na parametry jakościowe zamoczki.....	73
47.	Ocena istotności dla analizy jakościowej zrzutki (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	74
48.	Cechy browarne jęczmienia jarego w latach 2016-2018.....	75
49.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na wilgotność ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	75
50.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na ekstrakt w mące (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	76
51.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na ekstrakt w śrucie (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	76
52.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na rozluźnienie ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	77
53.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na barwę brzezki (EBC) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	77
54.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na barwę po gotowaniu (EBC) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	78
55.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na	79

	klarowność ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	
56.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na pH _{KCl} ziarna jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	80
57.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na białko ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	80
58.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na liczbę Kolbacha ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	81
59.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na azot rozpuszczalny (mg N · 100 g ⁻¹) ziarna jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	82
60.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na kruchość ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	82
61.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na szklistość pełną ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	83
62.	Wpływ wariantów stymulacji (S) i nawadniania (N) na PUG – częściowo niezmodyfikowane ziarna (%) jęczmienia jarego, średnia z lat 2016-2018.....	84
63.	Analiza ekonomiczno-produkcyjna jęczmienia jarego browarnego w latach 2016-2018.....	87

8.2. Spis rycin

Rycina nr	Tytuł ryciny	Strona
1	Lokalizacja miejscowości Kurzycko.....	28
2	Mapa geologiczna regionu Mieszkowic (Marks i in. 2006)	29
3	Metodologia mikrosłodowania w Słodowni Optima.....	36

8.3. Spis wykresów

Wykres nr	Tytuł wykresu	Strona
1	Wpływ lat na poziom LAI w jęczmieniu jarym w latach 2017-2018.....	53
2	Wpływ lat na poziom SPAD w jęczmieniu jarym w latach 2017-2018.....	54
3	Wpływ nawadniania na poziom SPAD w jęczmieniu jarym w latach 2017-2018.....	55

9. ABSTRACT

The primary scientific aim of the present paper was the assessment of the effect of biostimulants, preparations supporting the natural life processes of plants, on the amount and quality of yield as well as brewing properties of spring barley grain grown under irrigation conditions. The subject of the study was the analysis of the effect of fertilizing preparation Black Star and amino-acid Terra-Sorb Complex, in foliar application, on yield, yield components and biometric features of spring barley. Moreover, the analysis of the chemical composition of soil and grain was conducted. Representative malting barley samples were malted and the technological properties of malt were analysed.

A strict two-factor field experiment comprising 24 plots, each of 300 m² in area, was conducted in the years 2016-2018.

Factor I – Irrigation; non-irrigated objects – O; irrigated objects – W. Factor II – Control object (without biostimulant or fertilizer); object with biostimulant; object with biostimulant and fertilizer; object with fertilizer. The field experiment was conducted in the agricultural holding in Kurzycko village, Zachodniopomorskie voivodeship. The experiment was established on medium arable soil of light loamy sand and gravel origin, categorised as good rye complex of bonitation class IV a and IV b.

The conducted biometric measurements of plant morphology and yield structure included: stem length, ear length, the number and mass of grains from ear, and the weight of 1000 grains. During the growing season, the physiological parameters of plants were identified - leaf greenness index SPAD, and leaf area index LAI. The following were determined in soil samples: pH value (pH_{KCl}), the content of organic substance, available phosphorus and potassium, mineral nitrogen, exchangeable magnesium and calcium. The chemical analysis of grain included determination of the contents of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and total metal content (iron, manganese, zinc and sodium). The laboratory analysis of grain included determination of: moisture, protein content, uniformity. Malt analysis in terms of technological properties included: flour and bran extract, loosening, clarity, Kolbach number, wort colour and viscosity, colour following boiling, friability and vitreousity. Additionally, pH level, nitrogen content and PUG were determined.

The results for yield and biometric features were developed using the analysis of variance in sub-plots 'split-plot' design per individual years and as a multiannual

synthesis. The number of replications was 3. As for the technological properties, chemical composition of soil and chemical composition of grain, the analysis of variance without replications was used. The testing error was a triple interaction years*irrigation*biostimulants (L*N*S). The significance of the relationship was determined on grounds of calculating the coefficient of Pearson's simple correlation at the significance level; $P < 0.05$, $P < 0.01$ and $P < 0.001$. When a statistically significant relationship was identified, equations of regression lines was calculated as $y=a+bx$.

It was found that conditioning with plant biostimulant Terra-Sorb Complex had a significant effect on ear length and stem length. Both parameters were higher when barley was grown in irrigated soil. The introduction of plant biostimulant Terra-Sorb Complex resulted in an increased yield of spring barley grown in non-irrigated soil. The application of Black Star fertilizer showed no effect on the parameters of yield quality.

Irrigation resulted in a significant change in soil pH as compared with the variant without irrigation. At application of irrigation, there was an increase in available phosphorus and exchangeable calcium in the arable layer of soil. The use of biostimulant caused soil acidification whereas the content of all macroelements did not change. The introduction of fertilizer to soil resulted in an increased contents of exchangeable magnesium, calcium and organic substance, and decreased content of available phosphorus and potassium. The combined use of a biostimulant and fertilizer caused a decrease in soil content of available potassium, exchangeable magnesium and calcium.

All factors applied in the experiment showed a significant effect on chemical and physicochemical parameters of barley grain, as well as on its technological parameters. There were large variations in the content of all elements characterizing the chemical composition of grain depending on a given year of the experiment. Irrigation showed an effect on the increase of the contents of calcium, magnesium, iron and manganese in grain, as well as on grain uniformity. The combined application of irrigation and biostimulation improved the grain malting value parameters. A significant interaction between irrigation and stimulation was found, together with its effect on the qualitative composition of pellets with respect to 11 out of 15 characteristics under analysis.

In agricultural practice, the combined application of stimulants and fertilizers (Terra-Sorb Complex and Black Star) is economically justified in years with of the optimal amount of precipitation.

Key words: biostimulation, irrigation, malting spring barley, yield and yield structure, chemical composition of soil, grain and malt, technological value of malt, economic analysis of cultivation.

9. STRESZCZENIE

Zasadniczym celem naukowym pracy była ocena wpływu biostymulatorów, preparatów wspomagających naturalne procesy życiowe roślin, na wielkość i jakość plonu oraz wartość browarnianą ziarna jęczmienia jarego, uprawianego w warunkach nawadniania. Przedmiot badań stanowiła analiza wpływu preparatu użyźniającego Black Star i aminokwasowego Terra-Sorb Complex, zastosowanych dolistnie, na plon komponenty plonu oraz cechy biometryczne jęczmienia jarego. Dodatkowo wykonano analizę składu chemicznego gleby oraz ziarna. Reprezentacyjne próby jęczmienia browarnego przesłodowano i badano wartość technologiczną słodu.

W latach 2016-2018 przeprowadzone zostało ściśle dwuczynnikowe, doświadczenie polowe obejmujące 24 poletka, każde o powierzchni 300 m².

Czynnik I – Nawadnianie; objekty nienawadniane – O; objekty nawadnianie – W. Czynniki II – Obiekt kontrolny (bez biostymulatora i użyźniacza); obiekt z biostymulatorem; obiekt z biostymulatorem i użyźniaczem; obiekt z użyźniaczem. Doświadczenie polowe zostało przeprowadzone w gospodarstwie rolnym na terenie wsi Kurzycko, położonej w województwie zachodniopomorskim. Doświadczenie założono na glebie ornej średniej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego i żwiru, zaliczanej do kompleksu żytniego dobrego i klasy bonitacyjnej IV a i IV b.

Wykonane pomiary biometryczne dotyczące budowy morfologicznej roślin i struktury plonu obejmowały: długość źdźbła, długość kłosa oraz liczbę i masę ziaren w kłosie oraz masę tysiąca ziaren. W okresie wegetacji określono parametry fizjologiczne roślin - indeks zieloności liści SPAD oraz indeks powierzchni liścia LAI. W próbkach glebowych wykonane zostały następujące oznaczenia: odczyn (pH_{KCl}), zawartość substancji organicznej, przyswajalnego fosforu i potasu, azotu mineralnego, wymiennego magnezu i wapnia. Analiza składu chemicznego ziarna obejmowała oznaczenie zawartości azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu oraz całkowitą zawartość metali (żelazo, mangan, cynk, sód). Badania laboratoryjne ziarna obejmowały oznaczenie: wilgotności, zawartości białka i wyrównania. Wykonano analizę słodu pod kątem wartości technologicznej: ekstrakt w mące i śrucie, rozluźnienie, klarowność, liczba Kolbacha, barwa i lepkość brzezki, barwę po gotowaniu oraz kruchość i szklistość. Dodatkowo określono poziom pH, zawartość azotu oraz PUG.

Wyniki dla plonu i cech biometrycznych opracowano przy pomocy analizy wariancji w układzie podbloków 'split-plot' w każdym roku i jako syntezę wieloletnią.

Liczba replikacji wynosiła trzy. Dla wartości technologicznej, składu chemicznego gleby i składu chemicznego ziarna zastosowano analizę wariancji bez replikacji. Błąd do testowania stanowiła interakcja potrójna lata*nawadnianie* biostymulatory (L*N*S). Istotność zależności określono podstawie wyliczenia współczynnika korelacji prostej Pearsona dla poziomu istotności; $P < 0,05$, $P < 0,01$ i $P < 0,001$. W przypadku stwierdzenia statystycznie istotnej zależności określono równania prostych regresji postaci $y=a+bx$.

W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że realizując proces stymulacji z wykorzystaniem biostymulatora roślinnego Terra-Sorb Complex odnotowano istotny wpływ na, długość kłosa i długość źdźbła. Obydwa te parametry były wyższe, jeżeli jęczmień był uprawiany na glebie nawadnianej. Wprowadzenie biostymulatora roślinnego Terra-Sorb Complex spowodowało zwiększenie plonu jęczmienia jarego uprawianego bez nawadniania. Zastosowanie w doświadczeniu użyźniacza Black Star nie miało wpływu na parametry charakteryzujące, jakość plonu.

Zastosowanie nawadniania nie spowodowało istotną zmianę odczynu gleby w porównaniu do wariantu bez nawadniania.

Stosując nawadnianie uzyskano zwiększenie, w warstwie ornej gleby, ilości potasu przyswajalnego i wapnia wymiennego. Zastosowanie biostymulatora, spowodowało zakwaszenie gleby z doświadczenia, a zawartość wszystkich makroskładników nie uległa zmianie. Wprowadzenie do gleby użyźniacza zwiększyło w glebie ilość wymiennego magnezu, wapnia i substancji organicznej oraz obniżyło zawartość przyswajalnego fosforu i potasu. Łączne stosowanie biostymulatora i użyźniacza obniżyło koncentrację w glebie potasu przyswajalnego i wymiennego magnezu i wapnia.

Wszystkie czynniki doświadczenia w sposób istotny kształtowały chemiczne i fizykochemiczne parametry ziarna jęczmienia oraz jego parametry technologiczne. Odnotowano duże zróżnicowanie zawartości wszystkich pierwiastków charakteryzujących skład chemiczny ziarna w zależności od roku realizacji doświadczenia. Nawadnianie wpłynęło na zwiększenie zawartości w ziarnie wapnia, magnezu, żelaza i manganu oraz wyrównanie ziarna.

Współdziałanie nawadniania z biostymulacją poprawiło parametry wartości słodowniczej ziarna. Odnotowano istotną interakcję nawadniania i stymulacji na skład jakościowy zrzutki dla 11 z 15 omawianych cech. Łączne stosowanie w praktyce

rolniczej preparatów: stymulującego i użyźniającego (Terra-Sorb Complex i Black Star) mają ekonomiczne uzasadnienie w latach o optymalnej ilości opadów.

Słowa kluczowe: biostymulacja, nawadnianie, jęczmień jary browarny, plon i struktura plonu, skład chemiczny gleby, ziarna i słoðu, wartość technologiczne słoðu, analiza ekonomiczna uprawy.