

**AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY**

**Rozprawy
nr 59**

JACEK ŻARSKI

**REAKCJA ZBÓŻ JARYCH
NA DESZCZOWANIE I NAWOŻENIE AZOTOWE
W WARUNKACH GLEBY BARDZO LEKKIEJ**

BYDGOSZCZ – 1993

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

Rozprawy
nr 59

JACEK ŻARSKI

REAKCJA ZBÓŻ JARYCH
NA DESZCZOWANIE I NAWOŻENIE AZOTOWE
W WARUNKACH GLEBY BARDZO LEKKIEJ

Biblioteka Główna ATR w Bydgoszczy



000000046552

BYDGOSZCZ — 1993

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO

prof. dr hab. Ojcumiła Stefaniak

OPINIODAWCY

prof. dr hab. Stanisław Bieszczad

dr hab. Zdzisław Koszański

REDAKTOR NAUKOWY

prof. dr hab. Stanisław Grabarczyk

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE

mgr Dorota Ślachciak, Zbigniew Gackowski

Wydano za zgodą Rektora
Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy



S 21739/1

ISSN 0209-0597

**WYDAWNICTWO UCZELNIANE AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ
W BYDGOSZCZY**

Wyd. I. Nakład 150 egz. Ark. aut. 4,4, ark. druk. 4,5. Papier kl. III.

Oddano do druku w maju 1993 r. Druk ukończono w czerwcu 1993 r.

MEN

Uczelniany Zakład Małej Poligrafii ATR, Bydgoszcz, ul. Ks. A. Kordeckiego 20.

Zamówienie nr 59/93.

Spis treści

	str.
WSTĘP	5
1. PRZEGLĄD LITERATURY	7
2. MATERIAŁ I METODY	14
3. WARUNKI GLEBOWE I KLIMATYCZNE	19
4. WYNIKI BADAŃ	24
4.1. Wyniki obserwacji fenologicznych	24
4.2. Potrzeby wodne zbóż jarych w warunkach gleby bardzo lekkiej	26
4.3. Plony ziarna	29
4.4. Plony słomy	38
4.5. Struktura plonu ziarna	41
4.6. Jakość plonu ziarna	42
4.6.1. Dorodność ziarna	42
4.6.2. Zawartość białka	45
4.6.3. Przydatność browarna	47
4.6.4. Przydatność konsumpcyjna jęczmienia jarego	48
4.6.5. Przydatność konsumpcyjna pszenicy jarej	48
4.6.6. Wartość paszowa ziarna zbóż pastewnych	51
4.6.7. Skład chemiczny	52
4.7. Próba określenia opłacalności deszczowania zbóż jarych na glebie bardzo lekkiej	54
5. DYSKUSJA WYNIKÓW	58
6. WNIOSKI	62
LITERATURA	64
STRESZCZENIA	71

WSTĘP

Niskie wskaźniki wydajności polskiego rolnictwa wynikają między innymi z niekorzystnych warunków przyrodniczych, występujących na znacznych obszarach naszego kraju. W pierwszej kolejności, należy do nich duży udział gleb bardzo lekkich (kompleks żytnej słaby i bardzo słaby), które zajmują w Polsce powierzchnię około 4,7 mln ha, stanowiąc blisko 30% areалу gruntów ornych [95]. Podstawową ich wadą jest ograniczona możliwość ciągłego zaopatrywania roślin w wodę podczas zdarzających się prawie corocznie dłuższych okresów z niedoborami opadów atmosferycznych. Niekorzystne właściwości wodne tych gleb są główną przyczyną niestabilnych, a przy tym niskich plonów dominujących tu z konieczności w strukturze zasiewów ekstensywnych upraw żyta, ziemniaków i łubinu. Ze względu na niską opłacalność produkcji, gleby te były często porzucane na rzecz PFZ i zalesiane.

Powiększenie produktywności gleb bardzo lekkich zależy przede wszystkim od likwidacji okresowych niedoborów wodnych, umożliwiającej stosowanie wyższych dawek nawożenia bez obawy przed tak zwanym „przypaleniem roślin” oraz wprowadzenie do struktury zasiewów gatunków intensywnych. Teoretycznie najlepiej mogą to zapewnić nawodnienia, głównie deszczowniane. Zdania na temat potrzeby instalacji deszczowni na glebach bardzo lekkich są jednak podzielone. Przeważają poglądy o małej ich celowości ze względu na: konieczność stosowania częstych dawek wody (wysokie koszty eksploatacji), niską zasobność tych gleb w składniki pokarmowe, bądź nieprzygotowanie najsłabszych gospodarstw do przyjęcia kosztownych inwestycji.

Doświadczeń polowych na temat efektów deszczowania roślin uprawnych na glebach kompleksu żytnej słabego i bardzo słabego wykonano dotąd niewiele, uzyskując przy tym raczej rozbieżne wyniki. Główną uwagę koncentrowano natomiast na glebach lepszych o przewadze IV klasy bonitacyjnej. Rezultaty tych badań okazały się interesujące z punktu widzenia nauki, nie znajdując jednak szerszego zastosowania w praktyce. Rozwijające się znacznie wolniej - w porównaniu z krajami sąsiednimi - deszczowanie roślin w Polsce, uległo w ostatnim dziesięcioleciu niemal całkowitemu zahamowaniu, a nawet regresowi, gdyż zainstalowane już urządzenia są w znacznej części niesprawne bądź nie wykorzystane. Zdaniem Leśniaka [57] głównym czynnikiem hamującym jest zbyt wysoki koszt inwestycji i eksploatacji w stosunku do wartości przyrostów plonów.

Podstawowym celem niniejszej pracy było zbadanie, na przykładzie zbóż jarych, możliwości produkcyjnych gleby zaliczanej do kompleksu żytnej słabego w warunkach deszczowania i optymalizacji nawożenia azotowego.

W badaniach chodziło także o:

- porównanie reakcji poszczególnych gatunków zbóż jarych na deszczowanie i nawożenie azotowe,

- określenie wpływu deszczowania i nawożenia azotem na strukturę oraz jakość plonu ziarna, z uwzględnieniem wskaźników wartości technologicznej,
- ocenę ekonomicznej efektywności deszczowania zbóż jarych na glebie bardzo lekkiej.

Ubočnym zagadnieniem było porównanie stopnia zgodności pomiarów polewego zużycia wody przez rośliny deszczowane z ewapotranspiracją potencjalną, obliczoną według wybranych wzorów.

1. PRZEGLĄD LITERATURY

Według Vermeirena [94], pod koniec lat osiemdziesiątych powierzchnia nawadnianych gruntów na świecie wynosiła około 220 mln ha. Rangeley [79] podaje areał 270 mln ha, co stanowi 18% wszystkich ziem uprawnych. Oba autorzy są zgodni, iż w ostatnim dziesięcioleciu stwierdzono zahamowanie rozwoju nawadniania w krajach rozwiniętych z powodu zmniejszenia się dostępnych zapasów wody, wzrostu jej ceny oraz kosztów energii. Intensywny rozwój nawodnień następował natomiast w krajach Bliskiego Wschodu i położonych w rejonie Morza Śródziemnego. Jednocześnie utrzymywała się tendencja wzrostu powierzchni nawadnianej nowoczesnymi systemami, jak deszczownianie i mikronawadnianie.

Według danych Dzieżycza [25], do około 1980 roku zainstalowano deszczownie w Niemczech na obszarze 650 tys. ha, Czechosłowacji 300 tys. ha, ZSRR - 5 mln ha. Zdaniem Łandiesa [58], w ZSRR deszczowano faktycznie ponad 6,6 mln ha ziem. W Niemczech i Czechosłowacji powierzchnia ta po 1980 roku wydatnie zwiększyła się [8, 10, 82], na terenie ZSRR planowano także znaczący jej wzrost [89].

W Polsce do 1960 roku objęto deszczowaniem obszar około 2 tys. ha, w 1972 roku zwiększył się on do 20 tys. ha, w 1980 roku - 46 tys. ha [25], aby osiągnąć w 1990 roku około 60 tys. ha [81]. Urządzenia do deszczowania są w większości słabo lub w ogóle nie wykorzystywane. Według badań Kosturkiewicza i Przybyły [53] stopień wykorzystania deszczowni na terenie województwa poznańskiego w suchym okresie wegetacyjnym 1989 roku wynosił za ledwie 20% potrzeb i możliwości, natomiast w roku średnim tylko 8%.

Jednym z najbardziej kontrowersyjnych zagadnień w literaturze z zakresu nawadniania, decydującym - zdaniem Grabarczyka [38] - o rozwoju deszczowania i wykorzystaniu urządzeń już zainstalowanych, są glebowe kryteria lokalizacji deszczowni. Najpełniej na ten temat wypowiedział się Drupka [15], uznając za najodpowiedniejsze do tego celu gleby III i IV klasy bonitacyjnej, a warunkowo także I i II klasy (tylko w rejonach o najniższych opadach) oraz V klasy (z przeznaczeniem dla upraw roślin pastewnych). Zalecenia Drupki, stanowiące jednocześnie wytyczne Ministerstwa Rolnictwa, uznawały gleby wytworzone z piasków luźnych i słabo gliniastych, podścielone piaskami luźnymi, za nie nadające się do lokalizacji urządzeń deszczownianych. Opinię tę podzielał Jankowiak [48], motywując ją względami makroekonomicznymi. Zdaniem tego autora, lokowanie deszczowni w rejonach ekstensywnego rolnictwa o przewadze gleb najszlubszych, byłoby nieuzasadnioną gospodarczo substytucją możliwych do uruchomienia lub poprawienia środków tańszych, środkami droższymi o charakterze inwestycyjnym. Dzieżyc [25] oparł kryterium glebowe deszczowania roślin na podstawie przewidywanych rezultatów na różnych kompleksach przydatności rolniczej. Według nie-

go, największych efektów deszczowania spodziewać się można na kompleksach żytnich dobrych i słabych, zaś najmniejszych - na kompleksie pszenym bardzo dobrym i żytnim bardzo słabym.

Przeciwnie stanowisko - w porównaniu do przedstawionych - prezentuje Grabarczyk, dając temu wyraz w licznych pracach [31, 33, 34, 38-40]. Uważa on, iż najodpowiedniejszymi do lokalizacji deszczowni byłyby gleby najsłabsze, zaliczane do kompleksów żytnich słabych, a zwłaszcza bardzo słabych, ze względu na ich niską pojemność wodną, uniemożliwiającą w okresach posuchy atmosferycznej wzrost i rozwój roślin. Swoje stanowisko motywuje także bardzo wysokimi efektami deszczowania na tych glebach, osiąganymi w wybranych doświadczeniach polowych, oraz potrzebą uchronienia ich przed wypadaniem z produkcji rolniczej. Autor reprezentuje jednocześnie ogólniejszy pogląd, iż deszczowanie roślin na glebach lekkich można by traktować jako rekultywację, pozwalającą na osiąganie podobnych zbiorów, jak na glebach wyższych klas bonitacyjnych.

Na temat efektów deszczowania zbóż jarych wykonano dotąd w Polsce stosunkowo dużo badań. Badano przede wszystkim wpływ deszczowania na ich plonowanie przy wzrastającym nawożeniu NPK, a ostatnio - tylko przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. Często czynnikami w doświadczeniach były także odmiany bądź nawet nowe rody poszczególnych zbóż. Najwięcej badań przeprowadzono z deszczowaniem pszenicy jarej, a najmniej z owsem. Dzieżyc [25] uważa, że reakcja poszczególnych gatunków zbóż na nawadnianie deszczowniane jest podobna, zwłaszcza w przypadku form jarych. Jednak Piechowiak i wsp. [71], porównując w tym samym doświadczeniu efekty deszczowania różnych zbóż jarych, najlepszą reakcję stwierdzili w przypadku pszenicy jarej. W jednym z nowszych badań, przeprowadzonych przez Borówcza i wsp. [9] w tej samej miejscowości, najkorzystniej na ten zabieg zareagował o-wies.

Większość dotychczasowych doświadczeń z deszczowaniem zbóż jarych przeprowadzono na glebach kompleksu żytniego dobrego (klasa bonitacyjna IVa i IVb), określanych przez autorów jako lekkie [3, 4, 20, 45, 54, 68, 69, 74, 75, 77, 93, 97]. Uzyskano w nich dość różne wyniki, zależne przede wszystkim od wysokości opadów atmosferycznych. Jedne z większych przeciętnych efektów deszczowania na tych glebach uzyskał Bieszczad [3], nawadniając cztery nowe rody pszenicy jarej w Swojcu (średnia zwyżka plonu ziarna 1,89 t/ha przy opadach IV - VII 242 mm). Zupełny brak reakcji pszenicy jarej na deszczowanie stwierdzili natomiast Prochal i wsp. [77] w doświadczeniu przeprowadzonym w okolicach Krakowa (spadek plonu o 0,01 t/ha przy opadach IV - VII 358 mm). W badaniach Orłowskiego i wsp. [68], reakcja jęczmienia jarego w kolejnych latach zmieniała się od -0,08 t/ha (zniżka plonu przy opadach 394 mm) do +2,24 t/ha (zwyżka plonu przy opadach 152 mm).

W oparciu o rezultaty dotychczasowych doświadczeń przeprowadzonych na glebach lekkich, Grabarczyk [33] zaproponował formułę prostoliniowej, odwrotnie proporcjonalnej zależności między przyrostami plonów pod wpływem

deszczowania i opadami atmosferycznymi. W przypadku pszenicy jarej ma ona postać:

$$Q = (240 - P_{V-VII}) \times 20$$

gdzie:

- Q - przyrost plonu ziarna pod wpływem deszczowania, w kg/ha,
 P_{V-VII} - opady atmosferyczne w okresie od 1 maja do 31 lipca, w mm.

Zależność ta pozwoliła autorowi na szeroką interpolację wyników doświadczeń krajowych na różne regiony kraju i uściślenie przewidywanychwyżek plonu w wydzielonych strefach opadów atmosferycznych. Dla pszenicy jarej wyniosą one: 1,0 - 1,5 t/ha w strefie o opadach mniejszych od 350 mm, 0,4 - 1,0 t/ha w strefie o opadach 350 - 400 mm oraz mniej niż 0,4 t/ha przy opadach w okresie wegetacji przewyższających 400 mm.

Według syntezy dokonanej przez zespół pod kierunkiem Dzieżyca [24] na podstawie 90 jednorocznych doświadczeń z deszczowaniem zbóż jarych na glebach lekkich, średnie wyżki plonów wynosiły od 0,6 t/ha (jęczmień jary) do 1,0 t/ha (pszenica jara), zaś efektywność netto 1 mm wody od 6 do 9 kg.

Sporo doświadczeń z nawadnianiem zbóż jarych przeprowadzono także na glebach określanych przez autorów jako średnie (klasy bonitacyjne II - IVA, kompleksy: żytni bardzo dobry, pszenny wadliwy, pszenny dobry) [18, 21, 41, 46, 55, 61, 62, 67]. Według wspomnianej syntezy Dzieżyca i wsp. [24], uzyskane w nich efekty okazały się przeciętnie o 10% niższe od otrzymywanych na glebach lekkich. W przypadku pszenicy jarej wynosiły średnio 0,4 t/ha, przy efektywności netto 1 mm rozdeszczowanej wody 3 kg. Spośród doświadczeń przeprowadzonych na glebach średnich nie ujętych w tej syntezie, słabe wyniki dało deszczowanie pszenicy jarej w Sadiłowicach na madzie średniej (przeciętny z 10-lecia wzrost plonu 0,23 t/ha) [61, 62]. W innych badaniach uzyskiwane efekty nawadniania zbóż jarych były porównywalne [41, 46, 67], bądź nawet nieco większe [18] od przeciętnie otrzymywanych na glebach lekkich.

W warunkach gleb określanych jako ciężkie lub bardzo ciężkie, deszczowano zboża jare tylko w nielicznych doświadczeniach [60, 65]. Na madzie żuławskiej nie uzyskano istotnych różnic w plonowaniu pszenicy jarej. W niektórych latach zaznaczyło się nawet ujemne oddziaływanie nawadniania poprzez zwiększenie stopnia wylegania roślin. Brak reakcji jęczmienia jarego na ten zabieg odnotował także Malicki [60] na glebie wytworzonej z lessu.

Badań z deszczowaniem zbóż jarych w warunkach gleb bardzo lekkich przeprowadzono dotąd również niewiele, osiągając przy tym rozbieżne wyniki. O małej jego celowości i efektywności świadczą przede wszystkim doświadczenia prowadzone na przełomie lat 60-tych i 70-tych w Laskowicach Oławskich na glebie o 4 - 7% zawartości części spławialnych w poziomie próchnicznym [28, 29, 73]. Uzyskane w nich średnie przyrosty plonów jęczmienia jarego wyniosły 0,30 t/ha (8%), zaś owsa zaledwie 0,09 t/ha (3%). Warto jednak nadmienić, iż uprawiany w 4-letnim zmianowaniu owies zareagował na deszczowanie w 1970 roku wyżką plonu o 1,42 t/ha. O wysokich efek-

tach deszczowania zbóż na kompleksie żytnim bardzo słabym świadczą natomiast mikropoletkowe doświadczenia Grabarczyka [31] prowadzone w latach 1981-85 w Kruszyńcu Krajeńskim koło Bydgoszczy (wzrost plonu ziarna jęczmienia i żyta o 1,65 t/ha - 73%) oraz rezultaty badań Jankowiaka [46, 47] w Sadłowicach na Wyżynie Lubelskiej. Autor uzyskał średnie przyrosty plonów jęczmienia jarego 1,66 t/ha (103%), zaś owsa 1,44 t/ha (89%). Reakcja jęczmienia na deszczowanie była przy tym znacznie większa niż na lepszych glebach, mimo mniejszych niedoborów opadowych.

W większości dotychczasowych doświadczeń deszczowanie w podobnym [21, 68, 78, 93] bądź większym stopniu [19, 28, 41, 45] wpływało na bezwzględny wzrost plonu słomy niż plonu ziarna zbóż jarych, niezależnie od gatunku i warunków glebowych. W badaniach Dzieżyca i wsp. [20] oraz Prochala i wsp. [77], istotne były tylko przyrosty plonów słomy. Na luźnej glebie piaszczystej Jankowiak [47] otrzymał zwykłą plonu słomy owsa pod wpływem deszczowania o 0,25 t/ha większą niż ziarna. Wyrażona w liczbach względnych była ona jednak o 34% niższa (zawężenie stosunku słomy do ziarna).

W stosunkowo nielicznych próbach określenia wpływu deszczowania na poszczególne elementy struktury plonu ziarna zbóż jarych otrzymywano dość różne wyniki. W doświadczeniach Bieszczada [3] i Podsiadły [74] wpływało ono przede wszystkim na wzrost liczby ziaren w kłosie pszenicy jarej, w badaniach Panek [69], w porównywalnym stopniu także na dorodność ziarna, zaś w eksperymentach Karczmarczyka i wsp. [49] z jęczmieniem jarym oraz Jankowiaka [47] z owsem, powodowało głównie wzrost krzewienia produkcyjnego omawianych zbóż.

Wpływ deszczowania na dorodność ziarna zbóż jarych jest dość dobrze znany. Zdaniem Dzieżyca [25], powoduje ono zwiększenie udziału ziarna celnego i zmniejszenie ilości pośladu w plonie oraz wzrost masy tysiąca ziaren. Potwierdza się to w większości doświadczeń krajowych [3, 18, 41, 47, 49, 69, 74, 75], w których przyrost MTZ był na ogół większy, im wyższą stwierdzono zwykłą plonu ziarna w wyniku deszczowania. W niektórych badaniach, przy małej reakcji zbóż na ten zabieg, stwierdzono spadek MTZ pod jego wpływem [60, 62, 66].

Uogólniając rezultaty dotychczasowych doświadczeń, Panek [70] stwierdziła niewielki wpływ nawadniania na skład chemiczny ziarna zbóż. Jej zdaniem, oddziałuje ono niekorzystnie na gromadzenie białka w ziarnie, a zmienna zawartość pozostałych składników jest wynikiem interakcji genotypu z różnymi czynnikami siedliskowymi. W większości badań spadek zawartości białka pod wpływem deszczowania wynosił od 0,5 do 1,5% [3, 5, 11, 22, 30, 41, 50, 66, 68, 77, 92]. Przy niewielkiej reakcji na ten zabieg, niższa ta była mniejsza od 0,5% lub w ogóle nie występowała [56, 73, 85]. W doświadczeniu Koszańskiego i wsp. [54], zanotowano natomiast wzrost zawartości białka w ziarnie jęczmienia jarego z 14,4 do 15,0%, przy jednoczesnym wzroście plonu o 0,85 t/ha.

Jak podaje Buniak [11], zmniejszanie zawartości białka pod wpływem nawadniania tłumaczy się tym, iż w warunkach dobrego zaopatrzenia w wodę i azot następuje wzmocnienie produktywności procesu fotosyntetycznego, a w

wyniku tego niejako „rozcienczenie” zawartości azotu w roślinie. W innej pracy [12] autor wysuwa przypuszczenie, że w warunkach suszy roślina zwiększa zawartość związków białkowych, w których woda jest silnie związana, aby zabezpieczyć się przed dalszą jej utratą. Grabarczyk [30] tłumaczy ten fakt częściowo wypłukaniem azotu z gleby, a głównie większą masą roślin, zaś Biskupski i Ruszkowski [7] lepszym wykształceniem ziarna roślin nawadnianych, zawierającym w związku z tym więcej skrobi, natomiast mniej związków azotowych.

Wpływ deszczowania na zawartość makroelementów (P, K, Mg, Ca, Na) w ziarnie zbóż jarych wyrażał się w przeprowadzonych badaniach niewielkim jej wzrostem albo spadkiem. W liczbach względnych zmiany te kształtowały się najczęściej w granicach do 10% [3, 11, 22, 50, 56, 66, 72, 73, 85, 92]. W doświadczeniu Piechowiaka i wsp. [72], stwierdzono znaczny wzrost zawartości sodu w ziarnie jęczmienia w związku z jakością wody używanej do deszczowania. Jednak w tych samych badaniach wystąpił spadek koncentracji tego składnika pod wpływem nawadniania w ziarnie owsa.

Badania dotyczące zmian właściwości wypiekowych pszenic w wyniku deszczowania zapoczątkował Sienkiewicz [87], koncentrując się jednak głównie na formie ozimej. W doświadczeniu z odmianą jarą „Opolska” autor stwierdził ogólnie małe zróżnicowanie jej cech wypiekowych, ale znaczny - 35% wzrost plonu chleba pod wpływem deszczowania i podwojenia dawki NPK. W późniejszych badaniach Biskupskiego [5, 6, 7], polepszeniu ulegały zwłaszcza właściwości przemiałowe pszenicy jarej w związku z lepszym wykształceniem ziarna. W przypadku właściwości wypiekowych określanych pośrednio (wodochłonność mąki i wartość walorymetryczna) lub bezpośrednio (próbny wypiek laboratoryjny) zabieg deszczowania działał niejednakowo u badanych odmian, których właściwości dziedziczne miały decydujące znaczenie. Z dwóch do tej pory opublikowanych rezultatów badań [6, 18] wynika, iż deszczowanie zwiększało liczbę opadania, obniżając aktywność alfa-amylazy (działanie korzystne).

Reakcja zbóż jarych na nawożenie azotowe jest dobrze poznana. Klupczyński [52] uważa je za najsilniej działający czynnik plonotwórczy, powodujący także największe zmiany w składzie chemicznym ziarna i słomy. Z bardzo licznych doświadczeń (w przypadku jęczmienia jarego aż 1057) na ten temat i odpowiednich krzywych reakcji zbóż na nawożenie tym składnikiem, prezentowanych przez Fotymę [27], wynika iż krzywe te mają z reguły stromy przebieg oraz wyraźne zarysowane maksimum. Biorąc pod uwagę liczbę i reprezentatywność tych doświadczeń, autor przyjmuje, że optymalne dawki azotu pod poszczególne gatunki zbóż mieszczą się w granicach: dla jęczmienia jarego 70 - 100 kg N, dla owsa 70 - 90 kg N, a dla pszenicy jarej (najmniejsza liczba doświadczeń) 60 - 80 kg N na 1 ha.

Wpływ nawożenia azotem na jakość ziarna zbóż jarych bywa często odmienny niż deszczowania. Niekwestionowany jest przede wszystkim istotny, systematyczny wzrost zawartości białka w ziarnie, prawie proporcjonalny do wielkości dawek nawozów. W doświadczeniu Krasnodębskiej i Korelskiego (za [83]), przy wzrastającym nawożeniu od 0 do 240 kg N/ha, zanotowano wzrost

zawartości białka ogólnego w ziarnie jęczmienia jarego z 14,4 do 20,2 %. Jak podaje Czuba [13], w dotychczasowych doświadczeniach nawozowych wzrost ten wynosił do 3,6% w przypadku pszenicy jarej, 1-4% - jęczmienia jarego oraz 3-5% owsa. Zawartość pozostałych makroelementów (P, K, Mg, Ca) pod wpływem nawożenia zmieniała się nieznacznie; w największym zakresie w ziarnie owsa. Z innych, bardziej ugruntowanych zmian jakości ziarna zbóż jarych pod wpływem nawożenia azotem, Czuba [13] wymienia: spadek masy tyśiąca ziaren (zwłaszcza w przypadku jęczmienia) oraz zwiększenie ilości glutenu mokrego i udziału ziaren szklistych w plonie pszenicy. Według Biskupskiego i Ruszkowskiego [7], w badaniach wypiekowych z pszenicą nie stwierdzono ujemnych skutków dawek azotu, przeciwnie - zaznaczył się ich dodatni wpływ.

Skuteczność działania wody i nawożenia azotowego jest ściśle uzależniona. Nawożenie działa najefektywniej w warunkach optymalnego uwilgotnienia gleby, zaś nawadnianie daje najlepsze rezultaty przy optymalnym zaopatrzeniu roślin w składniki pokarmowe. Według Czuby [14], na glebach najsłabszych (piaski luźne i słabogliniaste) czynnikiem ograniczającym plonotwórcze działanie nawożenia jest z reguły niedobór wody, dlatego też bez zapewnienia niezbędnej jej ilości, niemożliwe staje się uzyskanie wysokiej efektywności azotu.

Zdaniem Dzieżyca [25], prawie u wszystkich roślin na glebach lekkich stwierdza się dodatnie współdziałanie nawadniania i nawożenia mineralnego, zwłaszcza azotowego, jakkolwiek w przypadku zbóż dotyczy ono głównie plonu słomy. W większości krajowych doświadczeń z deszczowaniem i nawożeniem mineralnym nie stwierdzono jednak interakcji czynników w podnoszeniu plonów ziarna zbóż jarych. Dotyczy to badań, w których nawadnianie przyniosło istotne efekty [41, 46, 49, 54, 71], a zwłaszcza tych, w których reakcja na ten zabieg była znikoma [20, 55, 62]. W warunkach ciężkiej mady żuławskiej stwierdzono nawet ujemny wpływ współdziałania nawożenia i deszczowania wyrażający się zwiększeniem stopnia wylegania roślin nawadnianych i podwojenie nawożonych [85]. Zdaniem Grabarczyka [30], dodatnia interakcja występuje przede wszystkim w latach o wyraźnych brakach opadów w okresach krytycznych, zaznaczając się przeważnie do pośrednich poziomów nawożenia NPK. W przypadku doświadczeń z deszczowaniem i zróżnicowanym nawożeniem azotowym, dodatnie współdziałanie czynników w kształtowaniu plonu ziarna zbóż jarych występowało w dość licznych doświadczeniach [9, 68, 78], czasem niemal w klasycznej postaci [75], choć Orłowski i wsp. [68] w badaniach z jęczmieniem jarym stwierdzili je tylko w latach suchych.

W większości dotychczasowych doświadczeń nie występowała interakcja pomiędzy nawadnianiem i nawożeniem mineralnym w kształtowaniu cech jakościowych ziarna zbóż jarych. Ze względu na często przeciwstawne działanie obu czynników, w niektórych badaniach obserwowano, iż zwiększone nawożenie ograniczało ujemne działanie deszczowania na zawartość białka [3, 22, 50, 68], zaś w innych stwierdzono, iż deszczowanie zmniejszało niekorzystny wpływ nawożenia na dorodność ziarna [37, 75].

Ekonomiczną oceną efektywności nawodnień zajmowali się między innymi Nietupski i wsp. [64] oraz Łojewski [59]. Opracowania te, skierowane w stronę rolnictwa uspołecznionego, wykonywane były jednak z punktu widzenia całych rejonów nawadnianych. W bardziej szczegółowym opracowaniu porównawczym Rutkowski [84] wykazał, iż deszczowanie pszenicy jarej, jęczmienia jarego i owsa jest nieopłacalne. Jak wynika z niektórych prac zagranicznych, deszczowanie zbóż jarych w Czechosłowacji w latach 1971-80 (przy średnich zwykłych plonu ziarna 0,43-0,50 t/ha) opłacało się ze względu na system dotacji [90]. W Danii dochód otrzymywany dzięki nawadnianiu zbóż na glebach piaszczystych wynosił około 80 dolarów USA z 1 ha. Był on jednak mniejszy od uzyskiwanego w wyniku deszczowania roślin okopowych i pastewnych [43]. Grabarczyk [32] w oparciu o relacje cen z lat 1983-84 i rezultaty ścisłych doświadczeń polowych stwierdził, iż o opłacalności deszczowania decydują w pierwszej kolejności warunki glebowe. Obliczając dochód czysty możliwy do osiągnięcia pod wpływem nawadniania roślin w gospodarstwach indywidualnych wykazał, iż na glebach kompleksu żytniego dobrego za rentowne można uznać deszczowanie warzyw, okopowych i kwatrowych pastwisk, ale tylko w strefie o opadach mniejszych od 350 mm w okresie wegetacji (Kraina Wielkich Dolin). Opłacalne byłoby jego zdaniem w całej Polsce deszczowanie roślin polowych na glebach kompleksu żytniego słabego i bardzo słabego, mimo znacznie wyższych kosztów związanych z pozyskaniem wysokiej produkcji.

Dzieżyc [25] podkreślił niedostateczną liczbę badań nad ekonomiczną efektywnością deszczowania roślin, co utrudnia właściwe jego planowanie i projektowanie. Zdaniem tego samego autora [26], trudno jest określić ekonomiczne efekty nawadniania w obecnej kryzysowej sytuacji rolnictwa, przy rozregulowanym rynku zbytu oraz niestabilnych i często niewłaściwych relacjach cen poszczególnych płodów rolnych. Według Grabarczyka [38], niemożność sporządzenia rachunku ekonomicznego wyniku w tym przypadku z braku danych odnośnie aktualnych kosztów instalacji i eksploatacji deszczowni.

Z przedstawionego przeglądu literatury wynika, iż pomimo znaczącego dorobku naukowego z zakresu problematyki związanej z przeprowadzonymi badaniami, pewne zagadnienia nie są jednak w pełni rozstrzygnięte. Przede wszystkim, istnieją przeciwstawne opinie na temat celowości lokalizacji deszczowni na glebach bardzo lekkich. Problematyczny jest także ewentualny udział zbóż jarych w strukturze zasiewów na polach deszczowanych, w związku ze stosunkowo małymi wymaganiami wodnymi i słabą reakcją tych roślin na deszczowanie w niektórych doświadczeniach polowych. Brak w literaturze jednoznacznych opinii stwierdzających, które ze zbóż jarych są najbardziej przydatne na pola deszczowane. Nie uzyskano jednoznacznych wniosków odnośnie plonotwórczego współdziałania deszczowania i nawożenia azotem, a zwłaszcza powstałych w jego wyniku zmian jakości ziarna. W piśmiennictwie brakuje także oceny ekonomicznych efektów deszczowania zbóż, decydującej często o przydatności wyników badań dla gospodarstwa rolnego.

2. MATERIAŁ I METODY

Badania polegały na przeprowadzeniu ścisłego doświadczenia polowego, określeniu ilości, struktury i jakości plonów, wykonaniu pomocniczych oznaczeń i obserwacji (charakterystyka profilu glebowego, dynamika polowego zużycia wody, obserwacje fenologiczne, dane meteorologiczne) oraz na statystycznym opracowaniu otrzymanych wyników.

Ścisłe doświadczenie polowe z deszczowaniem i nawożeniem zbóż jarych przeprowadzono w latach 1987 - 1991 w gospodarstwie indywidualnym położonym we wsi Kruszyn Krajeński ($\gamma = 53^{\circ}05'$, $\lambda = 17^{\circ}52'$, $h = 70$ m) około 12 km od centrum Bydgoszczy w kierunku południowo-zachodnim.

Badaniami objęto następujące zboża jare: jęczmień browarny (odmiana 'Grit'), jęczmień pastewny (odmiana 'Bielik'), pszenicę (odmiana 'Kadett') oraz owies (odmiana 'Dragon'). Rośliny zbożowe wchodziły w skład czteropolego płodozmianu towarowego (burak cukrowy^{***} - jęczmień browarny - ziemniak jadalny^{*} - pszenica jara) lub pastewnego (burak pastewny^{***} - jęczmień pastewny - ziemniak pastewny^{*} - owies).

Doświadczenie przeprowadzono metodą losowanych podbloków w dwuczynnikowym układzie zależnym „split - plot”. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 24 - 28 m² (zależnie od roku badań), zastosowano cztery powtórzenia.

Pierwszy czynnik stanowiło deszczowanie w dwóch wariantach:

W_0 - bez deszczowania (objekty kontrolne),

W_1 - deszczowanie, mające na celu utrzymanie wilgotności gleby w przedziale łatwo dostępnym dla roślin w całym okresie ich wegetacji.

Do deszczowania wykorzystano deszczownicę szpulową GR-1 ze zraszaczami typu „Rinka” o średnicy dysz 3,2 i 4,0 mm. W ostatnim roku badań stosowano zraszacze sektorowe „NAAN” o średnicy dyszy 4,4 mm. Jednorazowe dawki nawodnieniowe były dostosowane do efektywnej retencji użytecznej gleby i wynosiły 20 - 25 mm. W niektórych cyklach deszczowania, przeważnie we wcześniejszych fazach wzrostu i rozwoju zbóż, stosowano jednorazowe dawki o połowę mniejsze. Terminy wykonywania nawodnień ustalano na podstawie opadów atmosferycznych metodą Grabarczyka i wsp. [35]. Wysokość sumarycznych dawek wody była podobna w przypadku wszystkich gatunków zbóż. W poszczególnych okresach wegetacji wahała się od 75 do 185 mm, w zależności od opadów atmosferycznych (tab. 1).

Drugi czynnik stanowiły poziomy nawożenia azotowego: N_1, N_2, N_3, N_4 . Wysokość dawek azotu wynosiła od 30 do 150 kg N/ha, zależnie od poziomu i rośliny (tab. 2). Nawożenie azotowe w ilości odpowiadającej dawce N_1 stosowano przedsięwzięcie. Poglównie nawożono zboża jedną (jęczmień browarny) lub dwiema (pozostałe zboża) dawkami azotu, różnicując ilości wysiewane na poszczególne poletka według założonych wariantów nawozowych. Pierwszy ter-

min nawożenia pogłównego przypadają z reguły tuż przed strzelaniem w źdźbło, zaś drugi przed kłoszeniem.

Tabela 1
Table 1

Dawki nawodnieniowe w sezonach wegetacyjnych (mm)
Irrigation doses in vegetation periods (mm)

Uprawy - Cultures	Lata - Years					Średnio Mean
	1987	1988	1989	1990	1991	
Jęczmień browarny Brewery barley	75	135	183	157	80	126
Jęczmień pastewny Fodder barley	75	129	191	157	80	126
Pszenica jara Spring wheat	75	148	184	157	100	133
Owies Oat	75	123	184	157	100	128
Średnio - Mean	75	134	185	157	90	128

Tabela 2
Table 2

Nawożenie mineralne zbóż jarych (kg/ha)
Mineral fertilizing of spring cereals (kg/ha)

Uprawy - Cultures	P ₂ O ₅	K ₂ O	Poziom - Level			
			N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
Jęczmień browarny Brewery barley	45	60	30	40	50	60
Jęczmień pastewny Fodder barley	45	60	60	80	100	120
Pszenica jara Spring wheat	45	60	75	100	125	150
Owies Oat	45	60	75	100	125	150

Zabiegi agrotechniczne wykonywano według ogólnie przyjętych zasad. Siewów dokonywano możliwie wcześnie, z reguły na przełomie marca i kwietnia. Nawożenie fosforowo-potasowe stosowano przedsięwziętą wczesną wiosną. Wysokość dawek zależała od zasobności gleby w dany składnik (ocenianej corocznie w próbach zbiorczych pobieranych z poszczególnych pól po zbiorze przedplonów) i wynosiła: 40-50 kg/ha P₂O₅ oraz 55-60 kg/ha K₂O. Zabiegi pielęgnacyjne obejmowały: zaprawianie ziarna (zaprawa Baytan lub Oxafun T), opryski przeciwko chwastom (Chwastox lub Aminopielik), opryski przeciwko chorobom (Tilt stosowany 2- lub 3-krotnie) oraz przeciwko skrzypionce i

mszycy (środki: Decis lub Fastac). Dwufazowy zbiór zbóż przeprowadzano na ogół na przełomie lipca i sierpnia, w zależności od roku, gatunku i wariantu nawodnieniowego.

Plony ziarna i słomy przeliczono na 1 ha i sprowadzono do 15% wilgotności. Masę tysiąca ziaren określono na podstawie prób pobranych z każdego poletka, stosując dwa powtórzenia obliczeń. Pozostałe wskaźniki jakości ziarna zostały oznaczone w próbach zbiorczych pobieranych z każdego obiektu doświadczenia. Wykonanie analiz technologicznych ziarna ze zbiorów w latach 1988-91 zlecono laboratorium PZZ w Bydgoszczy, gdzie stosowana była metodyka opisana w polskich i branżowych normach. Analizy chemiczne przeprowadziła Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Bydgoszczy. Dla wszystkich gatunków zbóż określono: wskaźniki dorodności ziarna, zawartość białka ogólnego, wskaźniki wartości technologicznej ziarna decydujące o jego przydatności do dalszego przerobu, stosownie do przeznaczenia, oraz zawartość makroelementów. W ziarnie jęczmienia pastewnego i owsa oznaczono dodatkowo (zbiory 1987-90) zawartość składników pokarmowych (analiza standardowa).

Pośród wskaźników dorodności ziarna wyznaczono masę tysiąca ziaren, gęstość ziarna wyrażoną masą jednego hektolitra oraz procentową zawartość pośladu. Jako poślednie potraktowano przesiewające się ziarna: jęczmienia przez sito o wymiarach oczka 2,2 x 25 mm, pszenicy 2,0 x 25 mm i owsa 1,75 x 25 mm (zgodnie z zaleceniami COBORU) lub też wszystkich gatunków - przez sito 1,6 x 25 mm (zgodnie z normami).

Zawartość azotu ogólnego w ziarnie oznaczono metodą Kjeldahla. Przeliczenia na białko dokonano stosując przeliczniki liczbowe: 5,70 (pszenica jara) lub 6,25 (pozostałe zboża). Zawartość innych makroskładników określono powszechnie stosowanymi metodami, dokonując odpowiednich przeliczeń z formy tlenkowej na czysty składnik.

Ziarno jęczmienia browarnego oceniono pod kątem jego przydatności do produkcji siodu, obejmującej zgodnie z BN-87/9131-13: zawartość białka, energię kiełkowania i wyrównanie ziarna. Energię kiełkowania (E_I) - procent ziaren jęczmienia skiełkowanych po 72 godzinach oraz energię kiełkowania (E_{II}) - po 120 godzinach, oznaczono metodą Schönfelda. Wyrównanie ziarna, czyli wyrażony w procentach stosunek masy ziarna pozostającego na sicie o wymiarach oczka 2,8 lub 2,5 x 25 mm do przesiewanego, wyznaczono zgodnie z BN-69/9131-02. Ziarno jęczmienia browarnego i pastewnego poddano również ocenie jego przydatności do wyrobu kasz oraz płatków. W tym celu określono wyrównanie ziarna pozostającego na sicie 2,2 x 25 mm, a także udział ziaren ciemnych i zielonych po obłuszczeniu, decydujący o barwie produktów.

Ziarno pszenicy jarej oceniono pod względem przydatności do wyrobu mąki. Normatywne wymagania odnośnie tej przydatności zawarte są w BN-88/9131-04. Określono następujące wskaźniki:

- procent ziaren o bielmie szklistym na farinotomie (PN-70/R-74008),
- ilość glutenu wyodrębnionego przez wymywanie ciasta wodą (PN-77/A-74041),

- rozplýwalność glutenu, czyli wyrażony w mm wzrost średnicy kulki glutenu o masie 5 g po 60 minutach przetrzymywania jej w temperaturze $30 \pm 3^{\circ}\text{C}$ (PN-77/A-74041),
- liczbę glutenową według wzoru:

$$\text{liczba glutenowa} = x(2 - R \cdot 0,065)$$

gdzie:

x - ilość glutenu w %,

R - rozplýwalność glutenu w mm,

- liczbę opadania określającą aktywność alfa-amylazy w ziarnie, wyrażoną czasem (w sekundach), jaki jest potrzebny na mieszanie i opadnięcie w gorącym kleiku mieszańdła wiskozymetrycznego, metodą Hagberga (BN-81/8060-02).

Określenie elementów plonu ziarna objęło obok oceny MTZ, także obliczenia liczby kłosów (wiech) oraz liczby ziaren w kłosie (wieszce). Obsadę kłosów ustalono w okresie zbiorów na parcelkach o powierzchni $0,25 \text{ m}^2$, biorąc pod uwagę tylko warianty deszczowania w czterech powtórzeniach. Podobne założenie przyjęto do oznaczeń produktywności kłosów lub wiech; brano wtedy pod uwagę 50 ich sztuk w każdym powtórzeniu.

Charakterystyka profilu glebowego obejmowała ocenę cech fizycznych gleby, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości wodnych. Badania te wykonano na podstawie czterech odkrywek glebowych w laboratoriach Katedry Gleboznawstwa ATR i IMUZ w Bydgoszczy, stosując tradycyjną metodykę. Oznaczenia chemiczne gleby polegały na określeniu zawartości fosforu i potasu przyswajalnego - według metody Egnera-Riehma, magnezu przyswajalnego - metodą Schachtschabela, pH - metodą potencjometryczną oraz próchnicy - metodą Tiurina. Analizy te wykonała Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza na podstawie prób zbiorczych pobieranych corocznie przed siewem i po zbiorze roślin z każdego pola oraz dwóch warstw profilu: 0 - 25 i 25 - 50 cm.

Dynamikę uwilgotnienia gleby i polowe zużycie wody określono przez suszenie w 105°C próbek glebowych pobieranych w odstępach dekadowych z warstw 0 - 25 i 25 - 50 cm, dwóch bloków powtórzeniowych każdej rośliny, w 2 - 3 replikacjach. Określając polowe zużycie wody na obiektach deszczowanych, uwzględniono jej odpływ poza zasięg systemu korzeniowego, jeśli przychód wody z opadów atmosferycznych i nawadniania zwiększał zapas wody glebowej powyżej efektywnej retencji użytecznej. Pomocna była tu metoda bilansowa Drupki [16], pozwalająca na szacunkowe określenie zapasu wody łatwo dostępnej dla roślin w przedziałach dobowych.

Obserwacje fenologiczne polegały na notowaniu terminów osiągnięcia przez zboża pełni (50% łanu) najważniejszych faz wzrostu i rozwoju. Zwracano tu szczególną uwagę na różnice międzygatunkowe oraz powstałe w wyniku stosowania deszczowania.

Dane meteorologiczne, dotyczące podstawowych elementów pogody w latach 1987-89, pochodzą z posterunku meteorologicznego IMGW w Rudach, odległego o 2,5 km od miejsca doświadczenia. Wyniki pomiarów meteorologicznych z lat

1990-91 pozyskano z punktu obserwacyjnego IMUZ w Prądkach (około 5 km od doświadczenia). Wysokość opadów atmosferycznych w całym okresie badań mierzono na polu doświadczalnym. Wykorzystując zgromadzone dane meteorologiczne, obliczono ewapotranspirację potencjalną wzorami Grabarczyka [35], Baca, Turca [76] oraz Penmana [17].

Obliczenia statystyczne dotyczące cech określonych na każdym poletku (plon ziarna, plon słomy, MTZ), wykonano stosując analizę wariancji z testem F Fishera-Snedecora - w celu stwierdzenia istotności oraz testem t Studenta - w celu porównania otrzymanych różnic. Przeprowadzono także odpowiednie analizy regresji i korelacji, aby ocenić stopień współzależności niektórych cech bądź ich zależność od poziomów nawożenia azotem lub parametrów meteorologicznych.

Analiza opłacalności inwestycji deszczownianych w oparciu o uzyskane w badaniach przyrosty plonów ziarna pod wpływem deszczowania, została przeprowadzona według oryginalnych obliczeń modelowych zaproponowanych przez Grabarczyką [32]. Polegała ona na oszacowaniu przyrostu dochodu rolniczego (ΔD), jaki średnio można uzyskać dzięki deszczowaniu zbóż jarych na glebie kompleksu żytniego bardzo słabego, według równania:

$$\Delta D = \Delta P - (K_d + \Delta K_r)$$

gdzie:

ΔD - przyrost dochodu rolniczego w tys. zł/ha,

ΔP - wartość dodatkowej produkcji w wyniku instalacji i eksploatacji deszczowni w tys. zł/ha,

K_d - koszty deszczowania w tys. zł/ha,

ΔK_r - przyrost kosztów rolniczych związanych z uzyskaniem dodatkowej produkcji w tys. zł/ha.

Obliczenia dochodu rolniczego przeprowadzono dwoma wariantami. Wspólne dla obu było oszacowanie kosztów deszczowania w oparciu o projekt i kosztorys zainstalowania deszczowni przenośnej z agregatem spalinowym Agro-300. W pierwszym sposobie obliczeń dodatkową produkcję w wyniku deszczowania określono na podstawie średnich przyrostów plonów osiągniętych w doświadczeniu ścisłym, przyjmując że $\Delta K_r = 0$. W drugim wariantie kalkulacyjnym, ΔP wyznaczono z porównania wartości średnich plonów ziarna uzyskanych w warunkach deszczowania i optymalnego nawożenia azotowego oraz wartości plonu 1,5 t/ha żyta, stanowiącego miarę produktywności gleby bardzo lekkiej bez nawadniania. Założenie to przyjęto, kierując się wieloletnimi obserwacjami tej rośliny uprawianej corocznie na polach sąsiadujących z doświadczeniem i badaniami nad plonowaniem zbóż w gminach województwa bydgoskiego [40]. Założono także, iż ΔK_r , związany z uprawą badanych zbóż jarych w miejsce ekstensywnego żyta, wynosi 30% ΔP . Analizę wykonano przyjmując średnie roczne ceny zbóż i koszty zakupu deszczowni przenośnej z 1991 roku.

3. WARUNKI GLEBOWE I KLIMATYCZNE

Doświadczenie przeprowadzono na czarnej ziemi zdegradowanej, wytworzonej z piasku słabogliniastego na płytce zalegającym piasku luźnym, której cechą charakterystyczną była niska zawartość części spławialnych w poziomie orno-próchnicznym (7%) oraz jeszcze niższa (3-5%) w poziomach podornych (tab. 3). Pod względem stopnia zwięzłości zakwalifikowano ją jednoznacznie do gleb bardzo lekkich. Słaba zdolność gleby do ciągłego zaopatrywania roślin w wodę wynikała z małej pojemności wodnej (zaledwie 88 mm w 1-metrowej warstwie) oraz braku możliwości podsiąku.

Gleba charakteryzowała się dość dobrze wykształconym poziomem orno-próchnicznym względnie zasobnym w próchnicę i składniki pokarmowe, będącym rezultatem długoletniego nawożenia obornikiem. Jej odczyn był lekko kwaśny lub kwaśny, zaś zawartość podstawowych makroskładników kształtowała się zazwyczaj na poziomie średnim lub niskim (tab. 4).

Gleba pola doświadczalnego zaliczana jest do VI klasy bonitacyjnej (we fragmentach do V) i do kompleksu żytniego bardzo słabego (we fragmentach do żytniego słabego).

Warunki meteorologiczne w poszczególnych okresach wegetacji charakteryzowały się bardzo dużą zmiennością (tab. 5). Największe potrzeby deszczowania zbóż wystąpiły w roku 1989, cechującym się bardzo skąpymi opadami, których suma od kwietnia do lipca wynosiła zaledwie 88 mm. Takie opady albo niższe zdarzają się w rejonie Bydgoszczy nie częściej niż raz na 100 lat (rys. 1). Okres wegetacji 1989 r. charakteryzował się także najwyższymi w pięcioleciu temperaturami i niedosytami wilgotności powietrza oraz największym usłonecznieniem. Duże potrzeby deszczowania roślin zbożowych zanotowano także w 1990 r., w którym suma opadów w okresie od kwietnia do lipca była o 47 mm niższa od średniej z wielolecia (prawdopodobieństwo przewyższenia 85%). Najbardziej nietypowy pod względem pogody okazał się 1988 r., w którym w kwietniu i maju wystąpiły opady niewielkie (17 mm), a w czerwcu i lipcu wysokie (197 mm). Pozostałe dwa okresy wegetacji (1987 r. i 1991 r.) charakteryzowały opady zbliżone do przeciętnych. Lata te były jednak zdecydowanie chłodniejsze od pozostałych i najmniej słoneczne. W rezultacie cechowały się one mniejszymi potrzebami deszczowania roślin.

Porównując całe pięciolecie (1987 - 1991) z wartościami wieloletnimi można stwierdzić, iż było ono przede wszystkim dość suche. Niższe średnio o 41 mm od przeciętnych w okresie kwiecień - lipiec opady atmosferyczne charakteryzowały się przy tym nietypowym rozkładem. Średnia suma opadów w maju okazała się mniejsza niż w kwietniu, zaś opady w czerwcu były większe niż w lipcu.

Tabela 3
Table 3

Niektóre właściwości fizyczne gleby pola doświadczenia w Kruszynie Krajeńskim
Some physical characteristics of field experiment soil in Kruszyn Krajeński

Poziom genetyczny Genetic level (cm)	Zawartość cząstek w % Particle content in %				Warstwa profilu Soil layer (cm)	Zapas wody w mm przy stanie Water capacity in mm at			Retencja użyteczna Usable retention (mm)	Efektywna retencja użyteczna Effective usable retention (mm)
	piasek sand 1-0,1 mm	pył gruby thick dust 0,1-0,05 mm	pył drobny small dust 0,05-0,02 mm	cząści spławialne floating particles < 0,02 mm		polowej pojemności wodnej field water capacity	wilgotności krytycznej wilting point	wilgotności trwałego wędnięcia permanent wilting point		
Ap (0-22)	86	4	3	7	0-25	34,6	16,1	7,7	26,9	18,5
A ₁ B (22-60)	90	3	2	5	26-50	23,6	12,1	6,5	17,1	11,5
C (>60)	96	2	0	2	51-75 76-100	14,0 15,5	9,6 6,3	3,2 1,4	10,8 14,1	4,4 9,2
					0-100	87,7	44,1	18,8	68,9	43,6

Tabela 4
Table 4

Niektóre właściwości chemiczne gleby pola doświadczenia
w Kruszyńie Krajeńskim

Some chemical characteristics of field experiment soil
in Kruszyn Krajeński

Wyszczególnienie Specification	Warstwa profilu - Soil layer	
	0 - 25 cm	26 - 50 cm
pH w 1 n KCl pH in 1 n KCl	5,6 (5,2 - 5,9)	5,5 (5,1 - 6,1)
P (mg/100 g)	5,8 (4,8 - 6,8)	4,0 (2,7 - 4,9)
K (mg/100 g)	4,9 (3,2 - 7,4)	4,4 (3,2 - 7,0)
Mg (mg/100 g)	2,7 (2,1 - 3,2)	2,4 (2,0 - 2,7)
Próchnica (%) Humus (%)	1,47 (1,33 - 1,56)	0,91 (0,70 - 1,04)

Tabela 5
Table 5

Warunki meteorologiczne w latach 1987-1991
na tle średnich z wielolecia w rejonie Bydgoszczy

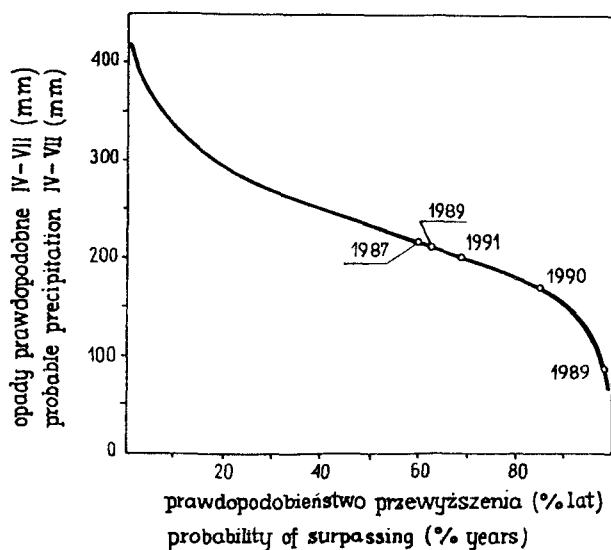
Meteorological conditions in 1987-1991
in comparison to means in Bydgoszcz region

Rok - Year	Miesiące - Months				Średnio Mean	Suma IV - VII Total IV - VII
	IV	V	VI	VII		
1	2	3	4	5	6	7
Temperatura powietrza (°C) Air temperatures (°C)						
1951-1980*	7,1	12,5	16,9	18,1	13,7	1668
1987	7,1	10,8	14,8	16,8	12,4	1513
1988	6,7	14,5	16,2	18,1	13,9	1698
1989	8,2	13,7	15,6	18,5	14,0	1712
1990	7,9	13,5	16,0	16,1	13,4	1635
1991	7,4	9,2	14,0	18,3	12,3	1496
1987-1991	7,5	12,3	15,3	17,6	13,2	1611
Opady atmosferyczne (mm) Precipitation (mm)						
1891-1980*	35	52	57	76	-	220
1987	53	22	80	62	-	217
1988	8	9	96	101	-	214
1989	22	9	43	14	-	88
1990	52	21	59	41	-	173
1991	26	43	100	34	-	203
1987-1991	32	21	76	50	-	179

cd. tabeli 5

1	2	3	4	5	6	7
Usłonecznienie rzeczywiste (h) Solar radiation (h)						
1951-1970 [*]	146	201	244	221	-	812
1987	144	214	178	179	-	715
1988	208	275	215	271	-	969
1989	194	357	274	320	-	1145
1990	152	300	188	216	-	856
1991	159	168	205	285	-	817
1987-1991	171	263	212	254	-	900
Niedosyt wilgotności powietrza (hPa) Deficit of humidity (hPa)						
1951-1970 [*]	4,2	5,4	7,4	6,9	6,0	-
1987	3,5	5,0	4,7	6,1	4,8	-
1988	4,0	6,7	5,1	5,7	5,4	-
1989	4,0	7,7	6,1	10,8	7,2	-
1990	4,0	7,7	6,4	6,5	6,2	-
1991	3,9	4,0	4,8	8,5	5,3	-
1987-1991	3,9	6,2	5,4	7,5	5,8	-

^{*} Według posterunków meteorologicznych: Bydgoszcz IMUZ i Lotnisko
According to the meteorological stations: Bydgoszcz IMUZ and Airport



Rys.1. Opady atmosferyczne w okresach wegetacji zbóż jarych (IV-VII) 1987-1991 na tle prawdopodobnych opadów w rejonie Bydgoszczy

Fig.1. Precipitation in vegetation periods of spring cereals (IV-VII) 1987-1991 in comparison to probable precipitation in Bydgoszcz region

Okres wegetacji zbóż jarych (IV-VII) w latach 1987-1991 w porównaniu z wieloleciem cechował się niższą o $0,5^{\circ}\text{C}$ temperaturą powietrza, wyższą o 88 sumą godzin usłonecznienia oraz niższym o $0,2$ hPa niedosytem wilgotności powietrza. Można zatem stwierdzić, iż nie odbiegał on znacząco od przeciętnych warunków termicznych, solarnych i wilgotnościowych notowanych w rejonie badań. Należy jednak zauważyć, iż według porównania średnich lat 1987-1991 z wieloletnimi, czerwiec był znacznie chłodniejszy, mniej słoneczny, bardziej wilgotny; kwiecień - cieplejszy, bardziej słoneczny; zaś maj i lipiec cechowały się większym usłonecznieniem oraz wyższymi niedosytami wilgotności powietrza niż przeciętne wieloletnie.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Wyniki obserwacji fenologicznych

Deszczowanie w sposób znaczący wpłynęło na przebieg wegetacji zbóż jarych, umożliwiając w miarę właściwy rytm ich wzrostu i rozwoju. Nawadniane zboża wschodziły przeciętnie dwa tygodnie po siewie, a po dalszych trzech osiągały pełnię krzewienia (tab. 6). Średnia data strzelania w źdźbło przypadała w połowie ostatniej dekady maja, zaś kłoszenia i kwitnienia odpowiednio na początku drugiej - trzeciej dekady czerwca. Dojrzewanie zbóż deszczowanych rozpoczynało się z początkiem lipca, a kończyło pod koniec tego miesiąca. Średnia dla wszystkich gatunków i lat badań długość okresu wegetacji zbóż wynosiła 118 dni.

Spośród gatunków, najwcześniej dojrzewały obie odmiany jęczmienia (średnio po 114 dniach od siewu). Dłuższym, przeciętnie o 6 dni, okresem wegetacji charakteryzowała się pszenica jara. Najpóźniej gotowość do zbioru osiągał owies, którego dojrzałość pełna przypadała średnio 4 dni po pszenicy.

W poszczególnych latach stwierdzono różnice w przebiegu wegetacji zbóż deszczowanych, wynikające przede wszystkim z odmiennych dat siewu oraz warunków meteorologicznych. Najdłuższy okres wegetacji (średnio 122 dni) zanotowano w 1990 r. (zimny lipiec), zaś najkrótszy (113 dni) w 1988 r. Najszybciej, bo już 23 lipca, rośliny osiągały gotowość do zbioru w skrajnie suchym 1989 r., zaś najpóźniej (dopiero 4 sierpnia) w 1987 r., charakteryzującym się przekrotną pogodą w czasie dojrzewania. Różnice w datach osiągnięcia poszczególnych faz fenologicznych w kolejnych latach zaznaczały się już od początku wegetacji. Największe wystąpiły pomiędzy suchym, ciepłym 1989 r. oraz cechującym się bardzo zimnym majem i czerwcem 1991 r. Data pełni strzelania w źdźbło różniła się w obu tych latach aż o 20 dni.

Przebieg wegetacji zbóż nie deszczowanych charakteryzowały anomalie spowodowane w głównej mierze niedoborami wody w glebie. W czasie posuch zboża te stopniowo zasychały, by wznowić wegetację po wystąpieniu znaczących opadów atmosferycznych. W takich warunkach dojrzewały one nierównomiernie i na ogół 5-10 dni później od deszczowanych. Zjawisko to wystąpiło zwłaszcza w nietypowym pod względem rozkładu opadów 1988 r., kiedy po wysokich opadach nie deszczowane zboża zaczęły ponownie krzewić się w drugiej dekadzie czerwca, oraz w mniejszej skali w roku 1990. W latach chłodniejszych, o opadach zbliżonych do średnich (1987 r. i 1991 r.), różnice w rytmie wzrostu i rozwoju zbóż deszczowanych i nie deszczowanych były niewielkie. W skrajnie suchym 1989 r. wystąpiło niemal całkowite zahamowanie wegetacji roślin na poletkach kontrolnych. Przed zaschnięciem uratowały się w zasadzie tylko nieliczne główne źdźbła kłosowe.

Tabela 6
Table 6

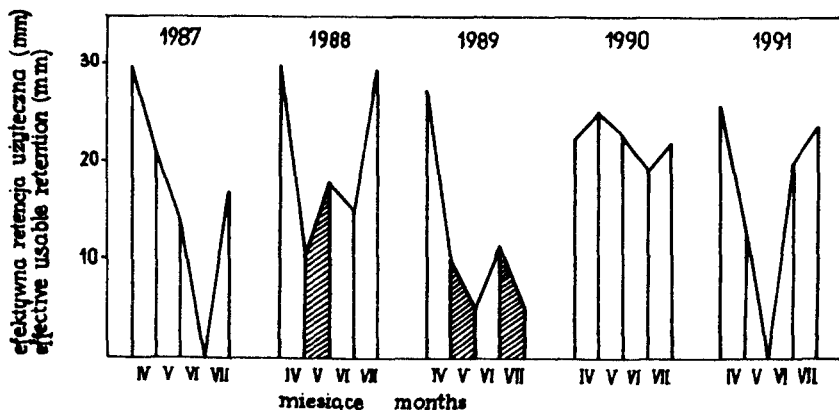
Srednie daty siewu i osiagnania faz fenologicznych przez deszczowane zboża jare
wraz z różnicami w latach oraz między gatunkami
Mean dates of sowing and phenological phases of irrigated spring cereals
with differences between years and species

Faza fenologiczna Phenological phase	Średnia data Mean date	Różnice w dniach - Differences in days						pazienica wheat	owies oat
		1987	1988	1989	1990	1991	jęczmień barley		
Siew Sowing	3.04	+5	+5	-5	-7	+2	0	0	
Wschody Germination	17.04	+4	+6	-5	-5	-1	-1	+2	
Krzewienie Tillering	7.05	-1	+6	-4	-4	+4	-1	+2	
Strzelanie w źdźbło Stem elongation	26.05	+3	0	-9	-7	+11	-1	+2	
Kłoszenie Earing	11.06	+5	0	-6	-5	+7	-2	+3	
Kwitnienie Flowering	21.06	+3	-1	-7	-4	+10	-2	+4	
Dojrzałość mleczna Milky ripeness	6.07	+1	-1	-4	-1	+5	-4	+6	
Dojrzałość pełna Harvest	29.07	+6	0	-6	-3	+2	-4	+6	
Długość okresu siew - zbiór w dniach Number of days from sowing to harvest	118	+1	-5	-1	+4	0	-4	+6	

Wpływ nawożenia azotowego na przebieg wzrostu i rozwoju zbóż był znacznie mniejszy niż deszczowania, choć zauważalny. Objawiał się nieznacznym opóźnieniem wegetacji roślin silniej nawożonych, obserwowanym w okresie kłoszenie - dojrzałość mleczna. W czasie zbioru roślin różnice te w zasadzie już nie występowały.

4.2. Potrzeby wodne zbóż jarych w warunkach gleby bardzo lekkiej

Jedną z miar potrzeb wodnych roślin uprawnych jest połowe zużycie wody, przy założeniu utrzymywania się zapasu wody w glebie w przedziale łatwo dostępnym dla roślin przez cały okres ich wegetacji i możliwie wysokim plonowaniu. Warunki te w badaniach spełniało deszczowanie, jakkolwiek i w tym przypadku w niektórych miesiącach stwierdzono niewielkie spadki wilgotności gleby poniżej granicy krytycznej dla roślin (rys. 2), zaś zwiększenie plonowania byłoby zapewne możliwe środkami agrotechnicznymi.



Rys.2. Zmiany zapasu wody łatwo dostępnej dla roślin w 0,5 metrowej warstwie gleby na polotkach deszczowanych (średnio dla wszystkich zbóż; ▨ miesiące, w których stwierdzono krótkotrwałe spadki wilgotności gleby poniżej granicy wody łatwo dostępnej dla roślin)

Fig.2. Changes of water easy available for plants in 0,5 m soil layer on irrigated plots (mean for all cereals); ▨ months in which short-term decreased in soil moisture below the level of water easy available for plants were observed

W okresie badań średnie połowe zużycie wody przez deszczowane zboża jare, podobne u wszystkich gatunków, wyniosło 286 mm (tab. 7). Różnice międzygatunkowe mieściły się w granicach zaledwie 10 mm. Największe połowe zużycie wody zanotowano w czerwcu (średnio 95 mm), zaś najmniejsze w kwietniu (37 mm). Miesięczne wielkości dla poszczególnych gatunków również były bardzo zbliżone, choć można zauważyć, iż w lipcu więcej wody zużywały później dojrzewające: pszenica jara i owies.

W poszczególnych okresach wegetacji połowe zużycie wody wahało się od 270 do 305 mm. Mniejsze liczby dotyczą lat chłodniejszych (1987 i 1991),

zaś większe - cieplejszych. Miesięczne wielkości połowego zużycia wody w kolejnych latach różniły się zwłaszcza w maju (różnica 38 mm) i lipcu (29 mm); zależały również od temperatury powietrza.

Tabela 7
Table 7

Polowe zużycie wody przez deszczowane zboża jare (mm)
Field water consumption of irrigated spring cereals (mm)

Roślina - Plant Lata - Years	Miesiące - Months				Suma - Total IV - VII
	IV	V	VI	VII	
według gatunków i odmian (wartości średnie 1987-1991) according to species and varieties (mean values 1987-1991)					
Jęczmień browarny Brewery barley	36	75	93	78	282
Jęczmień pastewny Fodder barley	37	72	98	80	287
Pszemica jara Spring wheat	37	70	98	85	290
Owies Oat	36	72	92	85	285
Średnio - Mean	37	72	95	82	286
według lat badań (średnio dla wszystkich zbóż) according to years of the experiment (mean for all cereals)					
1987	36	64	88	86	274
1988	28	72	100	87	287
1989	39	80	94	82	295
1990	40	92	110	63	305
1991	40	54	84	92	270
Średnio - Mean	37	72	95	82	286
składowe połowego zużycia wody (średnio dla lat i zbóż) elements of field water consumption (mean for years and cereals)					
Opady atmosferyczne Precipitation	32	21	76	50	178
Deszczowanie Sprinkling	-	48	35	45	128
Zmiany retencji Retention changes	+11	+3	-1	-6	+7
Odpływ wgłębny Water throwing outflow	-6	0	-15	-7	-28

Główne źródło pokrycia potrzeb wodnych zbóż określonych połowym zużyciem wody stanowiły opady atmosferyczne zaspokajające je średnio w około 60%, a w drugiej kolejności deszczowanie - w około 40%. Rola tego zabiegu okazała się szczególnie duża w okresie skąpego w opady atmosferyczne maja. Daleko mniejsze znaczenie w zaspokajaniu potrzeb wodnych deszczowanych zbóż jarych miały początkowe zapasy wody w glebie, z których rośliny ko-

rzystały w większym stopniu tylko w początkowym okresie wegetacji. Wobec niskich opadów kwietnia, zapas ten wyczerpywał się już na początku maja, powodując pilną potrzebę rozpoczęcia nawodnień, mimo iż rośliny nie rozpoczęły jeszcze krzewienia. Sytuacje takie wystąpiły w 1988 r. i 1989 r. Jakkolwiek w obu tych latach nawodnienia rozpoczęto już 10 maja, to jednak były one trochę (3-5 dni) spóźnione (rys. 2). Błędu tego uniknięto natomiast w charakteryzującej się zerowymi opadami pierwszej dekadzie maja 1990 r.

Mimo stwierdzonych wcześniej zależności pomiędzy polowym zużyciem wody a temperaturą powietrza, jego związki z ewapotranspiracją potencjalną obliczoną wzorami różnych autorów okazały się na ogół nieistotne (tab. 8).

Tabela 8
Table 8

Współczynniki korelacji polowego zużycia wody
z ewapotranspiracją potencjalną
Coefficients of correlation of field water consumption
with potential evapotranspiration

ETp według wzoru ETp calculated by	Miesiące - Months				IV - VII
	IV	V	VI	VII	
Baca	-0,61	0,84	0,11	0,36	0,48
Grabarczyka	0,43	0,91	0,88	0,25	0,77
Penmana	-0,64	0,73	0,12	0,29	0,47
Turca	0,01	0,84	0,20	0,39	0,60

$r_{kryt.}$
= 0,878
 $r_{crit.}$

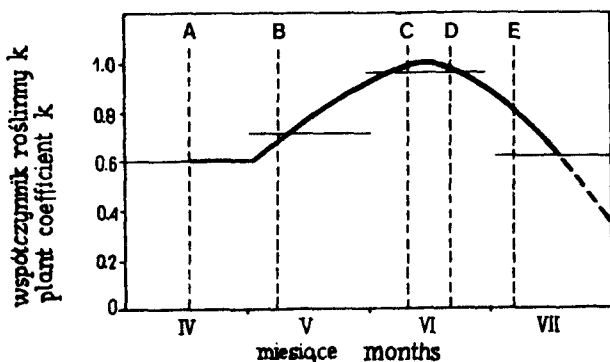
Istotność współczynnika korelacji stwierdzono bowiem tylko w dwóch przypadkach na dwadzieścia; w czterech dalszych był on zbliżony do wartości krytycznej. Najlepsze związki uzyskano w miesiącu maju i w przypadku ewapotranspiracji obliczonej wzorem Grabarczyka. Wyznaczone na tej podstawie współczynniki roślinne k (tab. 9) miały podobne wartości dla wszystkich gatunków zbóż, rosnąc od 0,60 w kwietniu do 0,96 w czerwcu, a następnie malejąc do 0,59-0,64 w lipcu. W przebiegu zmienności tych współczynników (rys. 3), w którym uwzględniono fakt wystąpienia trzech krótkotrwałych i niewielkich spadków wilgotności gleby poniżej wartości krytycznej, maksimum przypadało na okres kłoszenie - kwitnienie.

W rozważaniach nad polowym zużyciem wody pominięto rośliny nie deszczowane. Charakteryzowały się one bowiem anomaliami wzrostu i rozwoju, spowodowanymi częstymi spadkami zapasu wody w glebie poniżej wilgotności krytycznej, a nawet poniżej współczynnika trwałego wędnięcia. Polowe zużycie wody zależało w tym przypadku nieomal całkowicie od wysokości opadów atmosferycznych i było w zasadzie im równe.

Tabela 9
Table 9

Stosunek polowego zużycia wody do ewapotranspiracji potencjalnej obliczonej wzorem Grabarczyka (współczynnik roślinny k)
Ratio of field water consumption and potential evapotranspiration calculated by Grabarczyk's formula (plant coefficient k)

Uprawy - Cultures	Miesiące - Months				IV - VII
	IV	V	VI	VII	
Jęczmień browarny Brewery barley	0,59	0,74	0,94	0,59	0,71
Jęczmień pastewny Fodder barley	0,61	0,71	0,99	0,60	0,73
Pszenica jara Spring wheat	0,61	0,69	0,99	0,64	0,73
Owies Oat	0,59	0,71	0,93	0,64	0,72
Średnio - Mean	0,60	0,71	0,96	0,62	0,72



Rys.3. Przebieg zmienności współczynnika roślinnego k (średnio dla wszystkich zbóż): A - wschody, B - krzewienie, C - kłoszenie, D - kwitnienie, E - dojrzałość mleczna

Fig.3. Variability of plant coefficient k (mean for all cereals): A - germination, B - tillering, C - earing, D - flowering, E - milky ripeness

4.3. Plony ziarna

Plony ziarna zbóż jarych z poletek nie nawadnianych wyniosły średnio w okresie badań 2,07 t/ha (tab. 10-13). Spośród gatunków najlepiej plonował w tych warunkach jęczmień pastewny (2,39 t/ha), a pozostałe zboża wydały niższe plony (1,92-2,00 t/ha).

Tabela 10
Table 10Plony ziarna jęczmienia browarnego (t/ha)
The yield of brewery barley grain (t/ha)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Lata badań - Years of the experiment					Średnio Mean
		1987	1988	1989	1990	1991	
W ₀	N ₁	2,97	2,04	0,25	1,28	2,97	1,90
	N ₂	3,15	1,70	0,30	1,39	3,34	1,97
	N ₃	3,28	1,75	0,22	1,49	3,61	2,07
	N ₄	3,29	2,22	0,18	1,36	3,12	2,03
	średnio mean	3,17	1,93	0,24	1,38	3,26	2,00
W ₁	N ₁	3,89	2,77	2,92	3,34	3,46	3,28
	N ₂	3,86	3,07	3,15	4,08	3,77	3,59
	N ₃	4,60	3,38	3,04	4,23	3,93	3,84
	N ₄	4,27	3,73	3,29	4,63	4,26	4,03
	średnio mean	4,15	3,24	3,10	4,07	3,85	3,68
Średnio - Mean	N ₁	3,43	2,41	1,59	2,31	3,21	2,59
	N ₂	3,50	2,38	1,72	2,73	3,55	2,78
	N ₃	3,94	2,57	1,63	2,86	3,77	2,96
	N ₄	3,78	2,97	1,74	2,99	3,69	3,03
	średnio mean	3,66	2,58	1,67	2,73	3,55	2,84
NIR 0,05 - LSD 0,05							
deszczowanie sprinkling	(I)	0,53	0,96	0,24	0,74	*	0,27
nawożenie fertilizing	(II)	0,28	0,32	*	0,26	*	0,14
interakcja interaction	(II x I)	*	0,45	*	0,36	*	0,19
interakcja interaction	(I x II)	*	0,75	*	0,58	*	0,31

* - różnica nieistotna,
- not significant,W₀ - bez deszczowania,
W₁ - deszczowanieW₀ - without sprinkling,
W₁ - sprinkling

Tabela 11
Table 11Plony ziarna jęczmienia pastewnego (t/ha)
The yield of fodder barley grain (t/ha)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Lata badań - Years of the experiment					Średnio Mean
		1987	1988	1989	1990	1991	
W ₀	N ₁	2,96	2,76	0,30	1,82	4,07	2,38
	N ₂	3,40	2,88	0,22	1,90	4,16	2,51
	N ₃	3,03	2,84	0,19	1,96	4,04	2,41
	N ₄	2,73	2,80	0,08	1,99	3,59	2,24
	średnio mean	3,03	2,82	0,20	1,92	3,97	2,39
W ₁	N ₁	3,55	4,27	3,63	4,58	4,68	4,14
	N ₂	4,14	4,64	3,94	5,03	4,63	4,47
	N ₃	4,39	4,84	4,47	5,38	4,89	4,79
	N ₄	4,41	4,93	4,21	5,85	5,29	4,94
	średnio mean	4,12	4,67	4,06	5,21	4,87	4,59
Średnio - Mean	N ₁	3,26	3,51	1,97	3,20	4,37	3,26
	N ₂	3,77	3,76	2,08	3,46	4,40	3,49
	N ₃	3,71	3,84	2,33	3,67	4,46	3,60
	N ₄	3,57	3,86	2,14	3,92	4,44	3,59
	średnio mean	3,58	3,74	2,13	3,56	4,42	3,49
NIR 0,05 - LSD 0,05							
deszczowanie sprinkling	(I)	0,52	1,28	0,55	0,72	×	0,27
nawożenie fertilizing	(II)	0,27	×	×	0,45	×	0,18
interakcja interaction	(II x I)	0,38	×	0,40	×	×	0,25
interakcja interaction	(I x II)	0,48	×	0,50	×	×	0,33

* - różnica nieistotna,
* - not significant,W₀, W₁ - jak w tabeli 10
- as in table 10

Tabela 12
Table 12Plony ziarna pszenicy jarej (t/ha)
The yield of spring wheat grain (t/ha)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Lata badań - Years of the experiment					Średnio Mean
		1987	1988	1989	1990	1991	
W ₀	N ₁	2,36	2,05	0,39	1,42	3,59	1,96
	N ₂	2,67	1,88	0,39	1,23	3,61	1,96
	N ₃	2,63	1,94	0,41	1,20	3,28	1,89
	N ₄	2,86	1,95	0,41	1,42	2,83	1,89
	średnio mean	2,63	1,95	0,40	1,32	3,32	1,92
W ₁	N ₁	3,28	3,73	3,31	3,80	4,15	3,66
	N ₂	3,53	4,17	3,17	4,23	4,72	3,96
	N ₃	4,07	4,89	3,39	5,27	5,04	4,53
	N ₄	3,76	4,65	3,26	5,23	4,69	4,32
	średnio mean	3,66	4,36	3,28	4,63	4,65	4,12
Średnio - Mean	N ₁	2,82	2,89	1,85	2,61	3,87	2,81
	N ₂	3,10	3,03	1,78	2,73	4,16	2,96
	N ₃	3,35	3,41	1,90	3,23	4,16	3,21
	N ₄	3,31	3,30	1,83	3,33	3,76	3,11
	średnio mean	3,14	3,16	1,84	2,97	3,99	3,02
NIR 0,05 - LSD 0,05							
deszczowanie sprinkling	(I)	0,42	0,45	0,22	1,15	0,09	0,18
nawożenie fertilizing	(II)	κ	κ	κ	0,49	κ	0,18
interakcja interaction	(II × I)	κ	0,60	κ	0,69	0,57	0,25
interakcja interaction	(I × II)	κ	0,60	κ	0,97	0,50	0,27

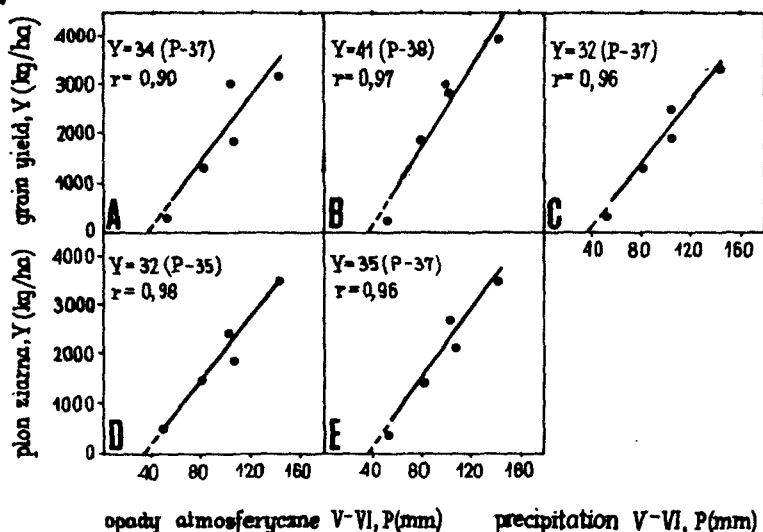
* - różnica nieistotna,
* - not significant,W₀, W₁ - jak w tabeli 10
- as in table 10

Tabela 13
Table 13Plony ziarna owsa (t/ha)
The yield of oats grain (t/ha)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Lata badań - Years of the experiment					Średnio Mean
		1987	1988	1989	1990	1991	
W ₀	N ₁	2,94	1,71	0,45	1,42	3,75	2,05
	N ₂	2,42	2,04	0,66	1,54	3,59	2,05
	N ₃	2,19	1,88	0,51	1,49	3,68	1,95
	N ₄	2,29	1,85	0,49	1,57	3,06	1,85
	średnio mean	2,46	1,87	0,53	1,50	3,52	1,98
W ₁	N ₁	4,52	2,92	3,46	4,33	4,71	3,99
	N ₂	4,30	3,33	3,25	4,63	5,31	4,16
	N ₃	3,77	3,34	3,37	5,24	4,66	4,08
	N ₄	4,04	3,37	3,25	5,06	4,53	4,05
	średnio mean	4,16	3,24	3,33	4,82	4,80	4,07
Średnio - Mean	N ₁	3,73	2,32	1,95	2,88	4,23	3,02
	N ₂	3,36	2,69	1,96	3,09	4,45	3,11
	N ₃	2,98	2,61	1,94	3,36	4,17	3,01
	N ₄	3,16	2,61	1,87	3,31	3,79	2,95
	średnio mean	3,31	2,56	1,93	3,16	4,16	3,02
NIR 0,05 - LSD 0,05							
deszczowanie sprinkling	(I)	0,65	0,73	0,48	0,83	0,44	0,19
nawożenie fertilizing	(II)	*	*	*	*	*	*
interakcja interaction	(II x I)	*	*	*	*	*	*
interakcja interaction	(I x II)	*	*	*	*	*	*

* - różnica nieistotna,
* - not significant,W₀, W₁ - jak w tabeli 10
- as in table 10

W poszczególnych latach produkcyjność zależała wyłącznie od wysokości opadów atmosferycznych. Przykładowo, w korzystnym pod względem opadów 1991 r. plony zbóż nie nawadnianych wahały się od 3,26 do 3,97 t/ha, zależnie od gatunku, by w bardzo suchym 1989 r. osiągnąć poziom zbliżony do normy wysiewu (0,20-0,53 t/ha). Wyrazem decydującej roli opadów atmosferycznych w kształtowaniu wysokości plonów ziarna zbóż jarych na glebie bardzo lekkiej, były ściśle ich zależności z sumą opadów w okresie maja i czerwca (rys. 4).



Rys. 4. Zależność plonów ziarna zbóż nie deszczowanych (Y) od sumy opadów atmosferycznych w maju i czerwcu (P): A - jęczmień browarny, B - jęczmień pastewny, C - pszenica jara, D - owies, E - wszystkie zboża (średnio)

Fig. 4. Relation of grain yields of not irrigated cereals (Y) to precipitation in May and June (P): A - brewery barley, B - fodder barley, C - spring wheat, D - oat, E - all cereals (mean)

Współczynniki korelacji charakteryzujące te związki wynosiły od 0,90 do 0,98, w zależności od gatunku. Z przedłużenie prostych regresji wynika, iż przy opadach w tym okresie niższych bądź równych 35-38 mm, plony ziarna zbliżałyby się do wartości zerowej. Każdy 1 mm opadu powyżej wartości minimalnych zwiększał plony (w przedziale do 143 mm) o 32-41 kg/ha - zależnie od gatunku.

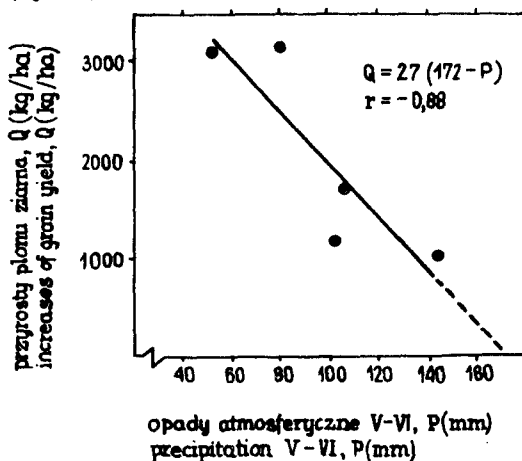
Średnie w okresie badań plony ziarna wszystkich zbóż w warunkach deszczowania wynosiły 4,12 t/ha. Biorąc pod uwagę warunki glebowe, należy je ogólnie określić, jeśli nie jako wysokie, to co najmniej zadowalające. Największymi możliwościami produkcyjnymi charakteryzował się nawadniany jęczmień pastewny (4,59 t/ha), nieco mniejszymi pszenica jara (4,12 t/ha) i owies (4,07 t/ha), zaś najmniejszymi słabo nawożony azotem jęczmień browarny (3,68 t/ha). Deszczowanie okazało się czynnikiem stabilizującym plony na odpowiednio wysokim poziomie, jakkolwiek i tutaj wystąpiły pewne ich waha-

nia w poszczególnych latach badań. Najniższe plony ziarna zbóż deszczownych uzyskano w 1989 r. Przyczyną była silna erozja wietrzna, która wystąpiła wczesną wiosną, powodując odsłonięcie i przemieszczenie kiełkujących ziarniaków. Niższe plonowanie pszenicy jarej w 1987 r. mogło wynikać z niezastosowania oprysków przeciwko chorobom grzybowym.

Zboża jare okazały się roślinami o dużej i bardzo dużej efektywności produkcyjnej deszczowania. Średnie z lat i kombinacji nawozowych przyrosty plonów ziarna pod wpływem tego zabiegu kształtowały się bowiem od 1,68 do 2,20 t/ha (84 - 115%), w zależności od gatunku. Największe bezwzględne przyrosty dotyczyły pszenicy jarej i jęczmienia pastewnego, nieco mniejsze owsa, zaś najmniejsze - nawożonego niskimi dawkami azotu jęczmienia browarnego. Według względnych przyrostów plonów pod wpływem deszczowania kolejność zbóż była następująca: pszenica jara (115%), owies (106%), jęczmień pastewny (92%) i jęczmień browarny (84%).

Reakcja roślin zbożowych na deszczowanie w poszczególnych latach badań była niejednakowa. Zależała przy tym dość wyraźnie od wysokości opadów atmosferycznych w kolejnych okresach wegetacji. Największe efekty nawadniania uzyskano w bardzo suchym 1989 r. i średnio suchym 1990 r. W pierwszym przypadku zdecydowały o tym znikome plony zebrane z poletek kontrolnych, a w drugim - najwyższe w całym okresie badań plony na poletkach deszczownych. Wysoką efektywność deszczowania osiągnięto także w charakteryzującym się bardzo suchą wiosną roku 1988. Najniższe przyrosty plonów ziarna pod wpływem tego zabiegu stwierdzono w przekropnych i chłodnych latach 1987 i 1991, jakkolwiek były one zbliżone do 1 t/ha i tylko w dwóch przypadkach (obie odmiany jęczmienia w 1991 r.) - nieistotne.

Potwierdzeniem dużej zależności efektów produkcyjnych deszczowania zbóż od wysokości opadów był ścisły ich związek ($r = -0,88$) z sumą opadów maja i czerwca (rys. 5).

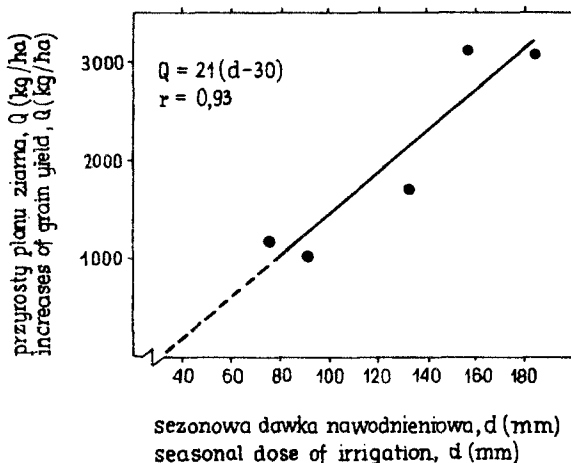


Rys.5. Zależność przyrostów plonów ziarna pod wpływem deszczowania (Q) od sumy opadów w maju i czerwcu (P) (średnio dla wszystkich zbóż)

Fig.5. Relation of increases of grain yields under the influence of sprinkling (Q) to precipitation in May and June (P) (mean for all cereals)

Z przedłużenia prostej regresji wynika, iż przy opadach 172 mm w tym okresie plon ziarna już by nie przyrastał. Można zatem potraktować te opady jako wartość zbliżoną do optymalnej dla zbóż. Deszczowanie powodowało zwiększenie plonu ziarna o 27 kg/ha na każdy 1 mm deficytu opadów w stosunku do tak określonej wartości optymalnej (w przedziale do 52 mm).

Produkcyjne efekty deszczowania zbóż jarych w poszczególnych latach korelowały także istotnie z wysokością sezonowych dawek nawodnieniowych (rys. 6).



Rys.6. Zależność przyrostów plonów ziarna pod wpływem deszczowania (Q) od wysokości sezonowych dawek nawodnieniowych (d) (średnio dla wszystkich zbóż)

Fig.6. Relation of increases of grain yields under the influence of sprinkling (Q) to seasonal doses of irrigation (d) (mean for all cereals)

Z równania regresji wynika, iż biorąc pod uwagę wszystkie zboża sumaryczna dawka mniejsza bądź równa 30 mm byłaby nieefektywna, zaś zwiększenie jej powyżej tej wielkości (w przedziale do 185 mm), powodowało zwiększenie plonu 21 kg/ha na każdy 1 mm.

Reakcja zbóż jarych na nawożenie azotowe zależała od gatunku, roku badań, a przede wszystkim od uwilgotnienia gleby. Według liczb średnich z lat i wariantów wodnych, działanie nawożenia mineralnego było istotne w przypadku odmian jęczmienia oraz pszenicy. Zwiększone nawożenie podnosiło plony ziarna tych zbóż o 0,34-0,44 t/ha (10-17%), co w porównaniu z efektywnością deszczowania stanowiło zwiększenie stosunkowo niewielką. Istotny wpływ dawek azotu na wysokość plonów wystąpił tylko w niektórych latach. U wszystkich zbóż poza owsem stwierdzono go w 1990 r., a w przypadku jęczmieni także w 1987 r. (obie odmiany) i w 1988 r. (tylko jęczmień browarny).

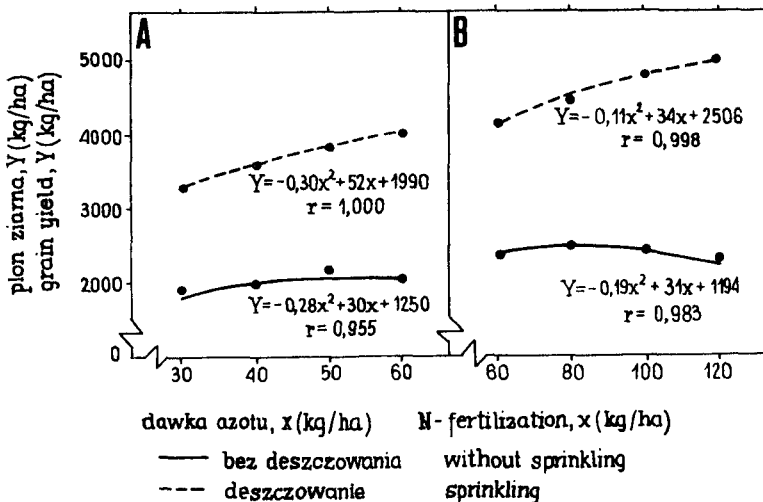
Działanie azotu było nieistotne na poletkach nie deszczowanych. Zaznaczyła się jednak tendencja do obniżania plonów ziarna w miarę wzrostu dawek nawozowych. Tendencja ta wystąpiła w zasadzie u wszystkich zbóż poza jęczmieniem browarnym. Była ona szczególnie wyraźna w 1989 r. (jęczmień

pastewny) oraz w 1991 r. (pszenica i owies).

Pod wpływem nawożenia azotowego w warunkach nawadniania następował istotny wzrost plonów ziarna jęczmienia browarnego i pastewnego oraz pszenicy. Najwyższe plony, a zarazem ich przyrosty pod wpływem deszczowania, stwierdzono na poletkach nawożonych następującymi dawkami azotu: jęczmień browarny 60 kg/ha, jęczmień pastewny 100-120 kg/ha, pszenica jara 125-150 kg/ha. Należy podkreślić, iż w przypadku jęczmienia browarnego uzyskano 4,03 t/ha ziarna, pszenicy jarej - 4,53 t/ha, a jęczmienia pastewnego - 4,94 t/ha. Plony te istotnie przewyższały średnie dla kombinacji nawozowych, stanowiąc jednocześnie miarę produktywności wymienionych zbóż w warunkach deszczowania i zastosowania optymalnych dawek azotu.

Wpływ nawożenia azotowego i jego współdziałania z deszczowaniem na wysokość plonów ziarna był nieistotny w przypadku owsa. Można jednak zauważyć, iż podwyższone z 75-100 kg/ha do 125-150 kg/ha dawki azotu przyczyniały się w przekropanych latach (1987 i 1991) do wylegania owsa i zmniejszania plonu ziarna, zaś w innych (szczególnie w 1990 r.) powodowały jego wzrost.

Wyznaczone współczynniki korelacji i regresji wykazały, że pomiędzy wielkością dawki azotu a średnimi plonami ziarna jęczmienia z poletek nie deszczowanych i deszczowanych istnieje bardzo ścisła krzywoliniowa zależność (rys. 7).



Rys.7. Zależność plonów ziarna (Y) jęczmienia browarnego (A) i jęczmienia pastewnego (B) od wielkości dawki azotu (X)

Fig.7. Relation of grain yields (Y) of brewery barley (A) and fodder barley (B) to dose of N-fertilization (X)

Nie stwierdzono tych zależności w przypadku pszenicy jarej i owsa.

Efektywność 1 mm rozdeszczowanej wody kształtowała się od 7,4 do 22,7 kg/ha ziarna w zależności od testowanego zboża i roku badań (tab. 14).

Efektywność netto 1 mm wody (kg ziarna/ha)
Effectiveness of 1 mm irrigation water (kg grain/ha)

Rok Year	Nawożenie Fertilizing	Jęczmień browarny Brewery barley	Jęczmień pastewny Fodder barley	Pszenica jara Spring wheat	Owies Oat
1987		13,1	14,5	13,7	22,7
1988		9,7	14,3	16,3	11,1
1989		15,6	20,2	15,7	15,2
1990		17,1	21,0	21,1	21,1
1991		7,4	11,2	13,3	12,8
	N ₁	11,0	14,0	12,8	15,2
	N ₂	12,9	15,6	15,0	16,5
	N ₃	14,0	18,9	19,8	16,6
	N ₄	15,9	21,4	18,3	17,2
	średnio mean	13,4	17,5	16,5	16,3

Największą średnią efektywnością charakteryzowało się deszczowanie jęczmienia pastewnego (17,5 kg ziarna), nieco mniejszą pszenicy jarej (16,5 kg) i owsa (16,3 kg), a najmniejszą - jęczmienia browarnego (13,4 kg ziarna). Nawadnianie jęczmieni i pszenicy było najbardziej efektywne w średnio suchym 1990 r., zaś najmniej w chłodnym 1991 r. W przypadku owsa największą efektywność netto 1 mm wody stwierdzono w roku 1987.

Przyrost plonu ziarna wyrażony w kg na 1 mm wody nawodnieniowej zależał od wielkości nawożenia azotowego. W przypadku jęczmienia browarnego i pastewnego oraz owsa wzrastał on wraz ze zwiększaniem się dawki azotu od poziomu N₁ do N₄, zaś pszenicy jarej od N₁ do N₃.

4.4. Plony słomy

Plony słomy zbóż jarych charakteryzowała bardzo duża zmienność w zależności od gatunku, roku badań i czynników doświadczenia. W skrajnym przypadku różniły się one przeszło dwudziestokrotnie: 0,50 t/ha (nie deszczowany jęczmień browarny nawożony dawką 60 kg N/ha w suchym 1989 r.) i 10,48 t/ha (deszczowany jęczmień pastewny nawożony dawką 120 kg N/ha w 1990 r.).

Według liczb średnich z lat badań i obiektów doświadczenia, najwyższy plon słomy otrzymano w uprawie owsa, zaś zdecydowanie najniższy - jęczmienia browarnego (tab. 15).

Wpływ deszczowania na wysokość plonu słomy okazał się istotny w 13 na 20 (5 lat badań x 4 zboża) pojedynczych przypadków. Nieistotny był na ogół w latach o wyższych opadach: 1987 i 1991. Średnio w okresie badań nawad-

nianie zwiększyło ten plon o 1,09 - 3,53 t/ha (41 - 106%), w zależności od gatunku i odmiany. Najmniejsze bezwzględne i względne przyrosty dotyczyły jęczmienia browarnego, zaś największe jęczmienia pastewnego i owsa.

Tabela 15
Table 15

Plony słomy zbóż jarych (średnio 1987-1991) w t/ha
The yield of spring cereals straw (mean 1987-1991) in t/ha

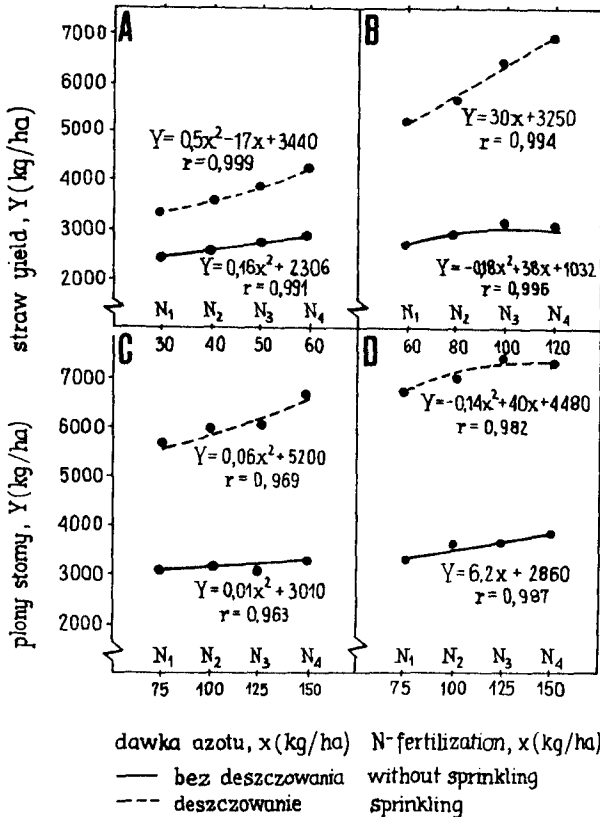
Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Jęczmień browarny Brewery barley	Jęczmień pastewny Fodder barley	Pszenvica jara Spring wheat	Owies Oat
W ₀	N ₁	2,46	2,67	3,06	3,30
	N ₂	2,53	2,91	3,13	3,53
	N ₃	2,73	3,07	3,14	3,62
	N ₄	2,87	3,03	3,25	3,79
	średnio - mean	2,65	2,92	3,14	3,56
W ₁	N ₁	3,37	5,13	5,52	6,71
	N ₂	3,56	5,59	5,92	7,01
	N ₃	3,82	6,40	6,00	7,35
	N ₄	4,21	6,90	6,62	7,30
	średnio - mean	3,74	6,01	6,01	7,09
Średnio - Mean	N ₁	2,92	3,90	4,29	5,00
	N ₂	3,04	4,25	4,52	5,27
	N ₃	3,28	4,74	4,57	5,48
	N ₄	3,54	4,97	4,94	5,54
	średnio - mean	3,19	4,46	4,58	5,32
NIR 0,05 - LSD 0,05					
deszczowanie sprinkling	(I)	0,21	0,36	0,32	0,43
nawożenie fertilizing	(II)	0,22	0,26	0,23	0,27
interakcja interaction	(II x I)	∞	0,36	0,32	∞
interakcja interaction	(I x II)	∞	0,46	0,41	∞

∞ - różnica nieistotna
- not significant

W₀, W₁ - jak w tabeli 10
- as in table 10

Różnicowanie wysokości plonów słomy pod wpływem nawożenia azotowego było znacznie mniejsze niż w wyniku deszczowania, ale także istotne. Plon ten wzrastał wraz ze zwiększeniem dawki azotu w największym stopniu u jęczmienia pastewnego (średnio o 1,07 t/ha - 27%), a w przypadku pozostałych zbóż o 0,54 - 0,65 t/ha (11 - 21%), zależnie od gatunku.

Współdziałanie deszczowania i nawożenia azotem w kształtowaniu plonów słomy stwierdzono tylko u jęczmienia pastewnego i pszenicy jarej. W warunkach deszczowania wyższe dawki azotu działały tu efektywniej. W obu przypadkach najwyższe plony uzyskano stosując dawki maksymalne (poziom N_4). Zależności pomiędzy wielkością dawki azotu a średnimi z lat plonami słomy roślin deszczowanych i nie deszczowanych układały się krzywoliniowo i charakteryzowały wysokimi współczynnikami korelacji dla wszystkich gatunków (rys. 8). Należy dodać, iż związki te były bardziej ścisłe niż w przypadku plonów ziarna.



Rys.8. Zależność plonów słomy (Y) zbóż jarych od wielkości dawki azotu (X): A - jęczmień browarny, B - jęczmień pastewny, C - pszenica jara, D - owies

Fig.8. Relation of straw yields (Y) of spring cereals to dose of N-fertilization (X): A - brewery barley, B - fodder barley, C - spring wheat, D - oat

Z porównania relacji wysokości plonów słomy do plonów ziarna wynika, że deszczowanie wpłynęło w większym stopniu na wzrost plonu słomy niż ziarna tylko w przypadku jęczmienia pastewnego (rozszerzenie stosunku z 1,22 : 1 do 1,31 : 1). U pozostałych zbóż, w tym zwłaszcza u jęczmienia bro-

warnego, stwierdzono działanie odwrotne (zawężenie relacji z 1,32:1 do 1,02:1). Wzrastające nawożenie azotowe powodowało większy wzrost plonów słomy niż ziarna przede wszystkim na poletkach kontrolnych (wszystkie zboża). W warunkach deszczowania działanie to było mniej wyraźne, dotyczyło tylko jęczmienia pastewnego i owsa.

3.5. Struktura plonu ziarna

Poszczególne elementy plonu charakteryzowała bardzo duża zmienność w latach badań, zwłaszcza na poletkach nie deszczowanych. [Obsadę kłosów (tab. 15) nie nawadnianych zbóż można określić jako zadowalającą w dwóch latach o najwyższych opadach (1987 i 1991) oraz w 1988 r. charakteryzującym się suchą wiosną i wysokimi opadami w miesiącach letnich (powtórne krzewienie). W roku średnio suchym (1990) obsada ta była dużo niższa, zaś w skrajnie suchym (1989) bardzo niska - z powodu zaschnięcia większości źdźbeł.]

Tabela 16
Table 16

Liczba kłosów (wiech) na 1 m² (średnio z poziomów nawożenia N₁ i N₃)
Number of ears (panicles)/m² (mean for fertilizing levels N₁ and N₃)

Uprawy - Cultures	Deszczowanie Sprinkling	Lata - Years					Średnio Mean
		1987	1988	1989	1990	1991	
Jęczmień browarny Brewery barley	W ₀	568	544	88	367	575	432
	W ₁	579	596	496	513	580	553
Jęczmień pastewny Fodder barley	W ₀	668	622	112	464	688	511
	W ₁	672	604	556	584	681	619
Pszenica jara Spring wheat	W ₀	505	576	151	472	511	443
	W ₁	553	575	473	484	533	524
Owies Oat	W ₀	446	512	185	299	518	392
	W ₁	506	516	426	394	522	473

W₀, W₁ - jak w tabeli 10
as in table 10

Podobnie ukierunkowaną zmienność, spowodowaną różnymi warunkami pogodowymi (głównie opadami) w kolejnych latach, stwierdzono w przypadku liczby ziaren w kłosie (wieszce) (tab. 17). Przykładowo, w suchym 1989 r. kłosy nie deszczowanej pszenicy zawierały średnio 8,4 ziarna, zaś w przekroprnym 1991 r. - 21,6.

Tabela 17
Table 17

Liczba ziaren w kłosie (wiesze) (średnio z poziomów nawożenia N_1 i N_3)
Number of grains/ear (panicle) (mean for fertilizing levels N_1 and N_3)

Uprawy - Cultures	Deszczowanie Sprinkling	Lata - Years					Średnio Mean
		1987	1988	1989	1990	1991	
Jęczmień browarny Brewery barley	W_0	13,2	9,8	7,7	10,0	14,4	11,0
	W_1	16,9	11,9	12,5	15,8	14,7	14,4
Jęczmień pastewny Fodder barley	W_0	13,1	12,2	6,1	9,5	15,8	11,3
	W_1	14,2	15,9	15,7	17,5	17,2	16,1
Pszenica jara Spring wheat	W_0	14,2	11,7	8,4	8,9	21,6	13,0
	W_1	17,8	22,3	19,2	24,6	24,3	21,6
Owies Oat	W_0	24,2	12,0	11,7	15,2	24,4	17,5
	W_1	29,3	18,4	26,8	34,6	26,5	27,1

W_0, W_1 - jak w tabeli 10
 W_0, W_1 - as in table 10

Deszczowanie wpłynęło stabilizująco na omawiane elementy plonu ziarna w latach badań. Większe różnice spowodowała erozja wietrzna, w wyniku której obsada kłosów w 1989 r. uległa wydatnemu obniżeniu. Pod wpływem deszczowania stwierdzono wzrost liczebności kłosów na jednostce powierzchni średnio o 18-28%, w zależności od gatunku. W większym stopniu wzrastała pod wpływem deszczowania liczba ziaren w kłosie (wiesze). Dotyczyło to wszystkich gatunków zbóż, ale najbardziej jednoznacznie pszenicy jarej (średni wzrost o 66%) i owsa (55%).

W poszczególnych latach badań deszczowanie wpływało na elementy plonu ziarna w większym bądź mniejszym stopniu. Jego przyrost pod wpływem tego zabiegu w suchych okresach wegetacji spowodowany był przede wszystkim kilkakrotnie większą liczbą kłosów na jednostce powierzchni (1989 r.) bądź liczbą ziaren w kłosie (1990 r.). O efekcie produkcyjnym nawadniania w 1988 r. zadecydowała głównie większa liczba ziaren w kłosie (pszenica jara i owies) lub - na równi z nią - większa masa tysiąca ziaren (obie odmiany jęczmienia). Zwyżka plonu w 1991 r. wynikała w głównej mierze z dorodniejszego o 9-16% ziarna, w zależności od testowanego zboża.

4.6. Jakość plonu ziarna

4.6.1. Dorodność ziarna

Ziarno zbóż jarych pochodzące z poletek deszczowanych i nie deszczowanych różniło się istotnie ciężarem jednostkowym, gęstością objętościową oraz udziałem posładu, a więc cechami, które decydują o jego dorodności.

Dużo mniejsze, a w wielu przypadkach nieistotne zróżnicowanie tych wskaźników wystąpiło pod wpływem nawożenia azotem.

Nawadnianie umożliwiło pozyskanie ziarna o jednostkowym ciężarze zbliżonym do osiąganego w doświadczeniach odmianowych COBORU. Średni wzrost masy tysiąca ziaren pod jego wpływem wynosił od 4,5 do 7,7 g (14-21%), zależnie od gatunku, przy czym większy charakteryzował obie odmiany jęczmienia, zaś mniejszy - pszenicę jara i owies (tab. 18).

Tabela 18
Table 18

Masa tysiąca ziaren w g (średnio 1987-1991)
Weight of thousand grains in g (mean 1987-1991)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Jęczmień browarny Brewery barley	Jęczmień pastewny Fodder barley	Pszenica jara Spring wheat	Owies Oat
W_0		37,1	37,3	31,7	27,1
W_1		44,8	44,7	36,2	32,2
	N_1	41,1	42,3	34,3	30,0
	N_2	40,8	41,8	34,2	30,3
	N_3	41,3	40,2	33,6	29,3
	N_4	40,6	39,7	33,7	29,0
	Średnio - Mean	41,0	41,0	34,0	29,6
NIR 0,05 - LSD 0,05					
deszczowanie sprinkling	(I)	0,6	1,0	0,5	0,8
nawożenie fertilizing	(II)	*	0,7	*	*
interakcja interaction	(I x II)	*	*	1,0	*
interakcja interaction	(II x I)	*	*	0,9	*

* - różnica nieistotna,
* - not significant,

W_0, W_1 - jak w tabeli 10
 W_0, W_1 - as in table 10

Pod wpływem deszczowania stwierdzono istotne zwiększenie masy hektolitra jęczmienia jarego i owsa (tab. 19). Wyniosło ono średnio od 4,3 do 4,9 kg (7-11%), a więc było podobne dla wymienionych gatunków. Deszczowanie nie wpłynęło natomiast w sposób istotny na gęstość objętościową ziarna pszenicy jarej.

Rola nawadniania w kształtowaniu dorodniejszego ziarna zbóż wyraziła się również poprzez wydatne zmniejszenie poślada w plonie (tab. 20). W wyniku tego zabiegu udział poślada malał z 14,2 do 6,6% (jęczmień browarny), z 15,0 do 4,9% (jęczmień pastewny) oraz w niższym stopniu w przypadku pszenicy jarej (o 2,6%) i owsa (spadek o 3,4%). Zmniejszała się również

zawartość pośladu określonego jako ziarno przesiewające się przez sita o wymiarach oczek 1,6 x 25 mm, która była jednak ogólnie niska (średnio 0,15 - 0,83%, zależnie od gatunku).

Nawożenie azotowe wywarło istotny wpływ na dorodność ziarna, przede wszystkim jęczmienia pastewnego. Wraz ze wzrostem dawki azotu od 80 do 120 kg/ha, dorodność ta pogarszała się w sposób ukierunkowany: masa tysiąca ziaren malała średnio z 42,3 do 39,7 g, masa hektolitra z 67,0 do 65,8 kg, zaś udział pośladu wzrastał z 8,3 - 8,9% do 11,1 - 11,3%. W przypadku pozostałych zbóż pogorszenie dorodności ziarna w wyniku zwiększonego nawożenia azotowego było istotne (zmniejszanie się masy hektolitra owsa), bądź też wykazywało tendencję wyrażającą się zmniejszeniem masy tysiąca ziaren pszenicy jarej i owsa oraz masy hektolitra jęczmienia browarnego. Mniej jednoznaczne zmiany pod wpływem różnych dawek azotu dotyczyły natomiast udziału pośladu w plonie ziarna tych zbóż, choć w niektórych przypadkach (jęczmień browarny) wzrastał on wraz ze zwiększeniem dawki azotu.

Tabela 19
Table 19

Masa hektolitra ziarna w kg (średnio 1987-1991)
Hectolitre weight of grain in kg (mean 1987-1991)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Jęczmień browarny Brewery barley	Jęczmień pastewny Fodder barley	Pszenica jara Spring wheat	Owies Oat
		64,6	64,0	77,1	42,7
		68,9	68,9	77,7	47,3
	N ₁	67,2	67,0	77,2	45,9
	N ₂	67,0	67,0	77,6	45,4
	N ₃	66,4	66,0	77,3	44,5
	N ₄	66,5	65,8	77,4	44,1
	Średnio - Mean	66,8	66,4	77,4	45,0
NIR 0,05 - LSD 0,05					
deszczowanie sprinkling	(I)	0,3	0,8	*	0,8
nawożenie fertilizing	(II)	*	0,7	*	1,0
interakcja interaction	(II x I)	1,0	*	1,5	*
interakcja interaction	(I x II)	0,9	*	1,6	*

* - różnica nieistotna,
* - not significant,

W₀, W₁ - jak w tabeli 10
W₀, W₁ - as in table 10

Tabela 20
Table 20

Udział pośladu w plonie ziarna w % (średnio 1988-1991)
Contribution of offal to the grain yield in % (mean 1988-1991)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Jęczmień browarny Brewery barley		Jęczmień pastewny Fodder barley		Pszenvica jara Spring wheat		Owies Oat	
		<2,2 mm	<1,6 mm	<2,2 mm	<1,6 mm	<2,0 mm	<1,6 mm	<1,75 mm	<1,6 mm
W ₀ W ₁		14,2	0,22	15,0	0,27	5,5	0,45	6,1	1,27
		6,6	0,09	4,9	0,15	2,9	0,31	2,7	0,38
	N ₁	10,5	0,12	8,9	0,19	4,1	0,36	4,5	0,86
	N ₂	9,2	0,13	8,3	0,23	4,5	0,40	4,4	0,89
	N ₃	9,1	0,16	11,1	0,19	4,4	0,42	4,3	0,71
	N ₄	12,6	0,21	11,3	0,23	3,8	0,34	4,4	0,84
Średnio - Mean		10,4	0,15	9,9	0,21	4,2	0,38	4,4	0,83

W₀, W₁ - jak w tabeli 10
W₀, W₁ - as in table 10

Współdziałanie deszczowania i nawożenia azotem w kształtowaniu dorodności ziarna zbóż było istotne tylko w nielicznych przypadkach. Deszczowanie ograniczało niekorzystny wpływ wzrastających dawek azotu na masę tysięcy ziaren pszenicy jarej oraz na masę hektolitra pszenicy jarej i jęczmienia browarnego.

4.6.2. Zawartość białka

Zawartość białka ogólnego w ziarnie zbóż jarych (tab. 21) wahała się w szerokich granicach od 8,1 do 19,7%, w zależności od roku badań, czynników doświadczenia i gatunku. Największą zmienność tej cechy stwierdzono w poszczególnych latach. Była ona przy tym dość wyraźnie ukierunkowana, istotnie korelując z sumą opadów atmosferycznych w okresie wegetacji (zależność odwrotnie proporcjonalna) oraz usłonecznieniem rzeczywistym w maju i czerwcu (zależność wprost proporcjonalna) (tab. 22). Zdecydowanie największą zawartością białka charakteryzowało się ziarno zbóż w suchym i słonecznym 1989 r., a najmniejszą w latach przekrotnych, chłodnych, o większym zachmurzeniu (1987 i 1991). Spośród gatunków, najmniejszym zmianom w poszczególnych latach podlegała zawartość białka w ziarnie pszenicy jarej, a największym - owsa. Zboża te zawierały przy tym więcej białka (13,6-14,0%), w porównaniu z jęczmieniami jarymi (11,1-12,4%).

Wpływ deszczowania na procentową zawartość białka ogólnego w ziarnie zbóż jarych był jednoznaczny. We wszystkich 20 przypadkach (4 zboża x 5 lat badań) obniżało ono tę zawartość w mniejszym bądź większym stopniu.

Zawartość białka ogólnego w ziarnie (% s.m.)
Total protein content in grain (% d.m.)

Rok Year	Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Jęczmień browarny Brewery barley	Jęczmień pastewny Fodder barley	Pszenvica jara Spring wheat	Owies Oat
1987			8,9	10,2	13,7	12,7
1988			10,2	11,0	13,2	13,7
1989			14,4	15,9	16,2	17,9
1990			11,5	13,2	13,7	12,7
1991			10,4	11,6	13,2	11,2
	W_0		12,0	13,7	15,3	14,2
	W_1		10,2	11,1	12,8	12,9
		N_1	11,1	11,8	13,0	13,1
		N_2	11,1	11,5	13,4	13,3
		N_3	11,0	13,0	14,8	14,2
		N_4	11,1	13,2	14,9	13,8
		Średnio - Mean	11,1	12,4	14,0	13,6

$W_0 \cdot W_1$ - jak w tabeli 10
- as in table 10

Tabela 22
Table 22

Współczynniki korelacji średniej zawartości białka w ziarnie
z opadami atmosferycznymi, usłonecznieniem rzeczywistym i plonem ziarna
Correlation coefficients of mean protein content in grain
with rainfall, solar radiation and yield of grain

Uprawy - Cultures	Zależność - The dependence		
	z opadami with rainfall IV - VII	z usłonecz- nieniem with solar radiation V - VI	z plonem with yield of grain
Jęczmień browarny Brewery barley	<u>- 0,975</u>	<u>0,895</u>	<u>- 0,861</u>
Jęczmień pastewny Fodder barley	<u>- 0,930</u>	0,865	<u>- 0,822</u>
Pszenvica jara Spring wheat	<u>- 0,952</u>	0,843	<u>- 0,953</u>
Owies Oat	- 0,867	<u>0,940</u>	<u>- 0,685</u>
Zboża jare - średnio Spring cereals - mean	<u>- 0,988</u>	<u>0,936</u>	-
Wartości graniczne Boundary values	$\pm 0,878$	$\pm 0,878$	$\pm 0,632$

Według liczb średnich z lat największą zniżkę stwierdzono w ziarnie jęczmienia pastewnego (o 2,6%) i pszenicy jarej (o 2,5%), a mniejszą - jęczmienia browarnego (o 1,8%) i owsa (o 1,3%). W poszczególnych latach deszczowanie obniżało zawartość białka w granicach od (tylko) 0,2% do aż 4,8%. Można zauważyć, iż spadek ten był większy w latach, w których zanotowano wyższe przyrosty plonu ziarna pod wpływem deszczowania i odwrotnie.

Obniżenie zawartości białka w ziarnie zbóż jarych pod wpływem deszczowania można tłumaczyć przede wszystkim ścisłymi, odwrotnie proporcjonalnymi zależnościami tej cechy od wysokości plonów ziarna. Współczynniki korelacji charakteryzujące te związki wynosiły od -0,69 do -0,95 (tab. 22). Najmniejsza korelacja dotyczyła owsa, zaś największa pszenicy jarej.

Wpływ nawożenia azotowego na koncentrację białka w ziarnie zbóż okazał się mniejszy niż deszczowania, a przy tym różny u badanych zbóż. W największym stopniu stwierdzono go u pszenicy jarej, gdzie wzrastające nawożenie zwiększało zawartość białka w sposób ukierunkowany - średnio o 1,9%. Wzrost zawartości białka w wyniku działania zwiększonych dawek azotu (poziom N_3 i N_4), w porównaniu z mniejszymi (poziom N_1 i N_2), wystąpił także u jęczmienia pastewnego (średnio z 11,5 - 11,8 do 13,0 - 13,2%) i owsa (średnio z 13,1 - 13,3 do 13,8 - 14,2%). Nie stwierdzono go natomiast w przypadku jęczmienia browarnego, gdzie wystąpiło jednak wyraźniejsze współdziałanie czynników doświadczenia w kształtowaniu omawianej cechy. Na poletkach nie deszczowanych wzrastające nawożenie azotem zwiększało zawartość białka w ziarnie średnio z 11,3 do 12,4%, zaś w warunkach deszczowania powodowało jego spadek z 10,8 do 9,8%. Współdziałanie to było jednak znacznie mniej ukierunkowane w poszczególnych latach badań.

4.6.3. Przydatność browarna

Przydatność ziarna jęczmienia browarnego do produkcji słodu określona jest zawartością białka ogólnego, energią kiełkowania oraz jego wyrównaniem. Zawartość białka powinna być możliwie niska (nie większa niż 13,5%), zaś energia kiełkowania i celność możliwie wysokie (minimum 85 i 75%).

Porównując wartości wskaźników, jakie uzyskano w doświadczeniu, ze wskaźnikami normatywnymi można ogólnie stwierdzić, że deszczowanie umożliwiło pozyskanie ziarna spełniającego wymogi przydatności browarnej (tab. 23). Ziarno pochodzące z poletek nie deszczowanych nie spełniało tych wymagań głównie ze względu na zbyt niski procent wyrównania - średnio 63,2, a w niektórych latach także z powodu za wysokiej zawartości białka. Rola deszczowania w tym zakresie polegała na wydatnym (średnio aż o 23,1%) zwiększeniu celności ziarna pozostającego na sicie 2,5x25 mm, obniżeniu średnio o 1,8% zawartości białka ogólnego oraz poprawieniu o 2% ogólnie wysokiej energii kiełkowania.

Wpływ nawożenia azotowego oraz jego współdziałania z deszczowaniem na wskaźnik przydatności browarnej ziarna był znikomy. W wyniku działania wzrastających dawek azotu energia kiełkowania i zawartość białka nie zmieniła się wcale, zaś wyrównanie ziarna pozostającego na sitach 2,8x25 lub 2,5x25 mm nieznacznie malało.

Wskaźniki przydatności browarnej ziarna jęczmienia w %
(średnio 1988-1991)
Quality indexes of brewery barley grain in % (mean 1988-1991)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Wyrównanie ziarna Grain fraction		Energia kiełkowania Germinative energy	
		≥ 2,8 mm	≥ 2,5 mm	(I)	(II)
W_0		14,1	63,2	95	96
W_1		59,8	86,3	97	98
	N_1	38,1	77,3	96	97
	N_2	37,0	76,6	96	97
	N_3	37,8	75,7	96	97
	N_4	34,9	69,4	96	97
Średnio - Mean		37,0	74,7	96	97

W_0, W_1 - jak w tabeli 10
 W_0, W_1 - as in table 10

4.6.4. Przydatność konsumpcyjna jęczmienia jarego

Ziarno jęczmienia przeznaczone do wyrobu kasz i płatków powinno przede wszystkim charakteryzować się wysokim stopniem wyrównania ($\geq 2,2$ mm) - minimum 85% oraz w miarę niskim udziałem w plonie ziaren ciemnych i zielonych po obłuszczeniu. Spośród czynników doświadczenia większy wpływ na wymienione wskaźniki wywarło deszczowanie, zwiększając celność ziarna jęczmienia browarnego średnio o 7,6%, a jęczmienia pastewnego o 10,1% i kwalifikując je do I klasy jakościowej (wyrównanie $\geq 90\%$). Jednocześnie zmniejszyło ono procentową zawartość w plonie ziaren ciemnych i zielonych po obłuszczeniu o 2,0-2,6%, w zależności od odmiany (tab. 24).

Wpływ nawożenia azotem na przydatność konsumpcyjną jęczmienia był, podobnie jak w przypadku przydatności browarnej, niewielki. Według liczb średnich dla wariantów deszczowania i lat, wzrastające nawożenie pogarszało nieznacznie celność ziarna, nie wywierając jednocześnie większego bądź ukierunkowanego wpływu na drugą z omawianych cech. Działo przy tym podobnie w warunkach deszczowania i bez deszczowania.

4.6.5. Przydatność konsumpcyjna pszenicy jarej

Ziarno pszenicy jarej przeznaczone do wyrobu mąki powinno charakteryzować się możliwie wysoką ilością glutenu (nie mniejszą niż 18%) o małej rozpywalności (nie większej niż 18 mm) oraz odpowiednio małą aktywnością alfa-amylazy (liczba opadania minimum 90 sek.).

Ziarno pszenicy uprawianej na glebie bardzo lekkiej cechowało się, niezależnie od czynników doświadczenia, ogólnie wysoką (średnio 45%) i w miarę ustabilizowaną ilością glutenu (tab. 25).

Tabela 24
Table 24Wskaźniki przydatności konsumpcyjnej ziarna jęczmienia w %
(średnio 1988-1991)

Quality indexes of barley grain in % (mean 1988-1991)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Jęczmień browarny Brewery barley		Jęczmień pastewny Fodder barley	
		wyrównanie ziarna grain fraction ≥ 2,2 mm	ziarna ciem- ne i zielone dark and green grains	wyrównanie ziarna grain fraction ≥ 2,2 mm	ziarna ciem- ne i zielone dark and green grains
W ₀		85,8	3,3	85,0	5,5
W ₁		93,4	1,3	95,1	2,9
N ₁		89,5	2,4	91,1	3,9
N ₂		90,8	2,1	91,7	5,0
N ₃		90,9	2,3	88,9	4,4
N ₄		87,4	2,4	88,7	3,6
Średnio - Mean		89,6	2,3	90,1	4,2

W₀, W₁ - jak w tabeli 10
W₀, W₁ - as in table 10Tabela 25
Table 25Wskaźniki przydatności konsumpcyjnej ziarna pszenicy jarej
(średnio 1988-1991)

Quality indexes of spring wheat grain (mean 1988-1991)

Rok Year	Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Ilość glutenu Gluten content (%)	Rozpływal- ność glu- tenu Gluten spreading (mm)	Liczba glute- nowa Gluten number	Liczba opada- nia Falling number (s)	Szklis- tość Glassy index (%)
1988			39	10	51,5	267	34
1989			50	20	33,0	304	66
1990			43	16	38,0	277	24
1991			39	10	52,5	366	33
W ₀			51	16	46,5	295	45
W ₁			35	12	41,0	312	34
N ₁			39	14	41,0	300	34
N ₂			41	14	42,0	294	41
N ₃			45	14	46,5	320	41
N ₄			48	15	45,5	300	41
Średnio - Mean			43	14	43,5	304	39

W₀, W₁ - jak w tabeli 10
W₀, W₁ - as in table 10

W poszczególnych latach ilość ta korelowała liniowo i wprost proporcjonalnie z zawartością białka ($r=0,961$), a zatem była związana odwrotnie proporcjonalnie z wysokością plonu ($r=-0,971$). Najwięcej glutenu zawierało ziarno pszenicy w suchym 1989 r. (średnio 50%), a najmniej w latach przekropnych 1988 i 1991 - średnio 39%. Deszczowanie spowodowało wyraźne obniżenie ilości glutenu w każdym z lat badań. Według liczb średnich obniżka ta wynosiła 16%. Wyraźny i ukierunkowany był także wpływ nawożenia azotowego na tę ilość, która zwiększała się wraz ze wzrostem dawki azotu zarówno na poletkach nie deszczowanych (z 45 do 56%), jak i w warunkach deszczowania (z 32 do 39%).

Jakość glutenu wyrażona jego rozplywalnością okazała się wysoce zależna ($r=0,934$) od jego ilości. Była to jednak zależność odwrotnie proporcjonalna: im ziarno zawierało więcej glutenu, tym charakteryzował się on większą rozplywalnością, a więc gorszą jakością. Zawierające dużo białka i glutenu ziarno pszenicy w 1989 r. (niezależnie od wariantu doświadczenia) oraz w 1990 r. (tylko na poletkach kontrolnych) nie nadawało się do wyrobu mąki ze względu na przekroczenie dopuszczzonej normy rozplywalności. Dobrą jakością charakteryzowało się natomiast ziarno deszczowanej pszenicy w 1988 r. (średnia rozplywalność 7 mm) i 1991 r. (9 mm). Według liczb średnich z lat badań, deszczowanie obniżyło rozplywalność glutenu z 16 do 12 mm. Nieznaczne zmiany (różnica 1 mm) omawianej cechy zanotowano natomiast pod wpływem nawożenia azotowego.

Liczba glutenowa, stanowiąca wypadkową obu omawianych powyżej wskaźników przydatności konsumpcyjnej ziarna pszenicy, obniżyła się pod wpływem deszczowania średnio w latach z 46,5 do 41,0, zaś w wyniku działania wyższych dawek nawozu azotowego wzrosła z 41,0 - 42,0 do 45,5 - 46,5.

Aktywność alfa-amylazy w ziarnie pszenicy była ogólnie niska. W przypadku ziarna roślin deszczowanych we wszystkich latach, a nie deszczowanych w większości lat liczba opadania przekraczała wartość najbardziej pożądaną pod względem przydatności konsumpcyjnej (250 sek.). Spośród czynników doświadczenia wyraźniej działało na liczbę opadania deszczowanie, zwiększając ją średnio z 295 do 312 sek.

Procentowy udział ziaren szklistych w plonie pszenicy jarej korelował istotnie ($r=0,727$) i wprost proporcjonalnie z zawartością białka ogólnego. Nie przekroczył on jednak (z wyjątkiem roku 1989) granicznej wartości 60%, decydującej o przydatności ziarna do wyrobu makaronu. Deszczowanie obniżyło szklistość średnio z 45 do 34%, zaś nawożenie zwiększyło ją z 34 do 41%.

Sumując można stwierdzić, iż omówione wskaźniki jakości ziarna pszenicy jarej cechowała większa zmienność w kolejnych latach, natomiast mniejsza pod wpływem czynników doświadczenia. Lepsze jakościowo ziarno otrzymano w latach o opadach zbliżonych do przeciętnych (1988 i 1991), zaś gorsze w latach suchych (1989 i 1990). Deszczowanie poprawiło niektóre wskaźniki przydatności konsumpcyjnej pszenicy jarej (rozplywalność glutenu, liczba opadania), pogorszyło inne (ilość glutenu, liczba glutenowa). Należy jednak podkreślić, iż ziarno pszenicy deszczowanej spełniało wymogi normatyw-

ne odnośnie przydatności konsumpcyjnej w trzech latach, a nie deszczowanej - w dwóch spośród czterech. Nawożenie azotem spowodowało przede wszystkim zwiększenie ilości glutenu, ale jego działanie było mniejsze niż deszczowania.

4.6.6. Wartość paszowa ziarna zbóż pastewnych

Zawartość surowego tłuszczu, włókna i popiołu w ziarnie zbóż pastewnych okazała się stabilna (tab. 26).

Tabela 26
Table 26

Wskaźniki wartości paszowej ziarna jęczmienia pastewnego i owsa
Quality indexes of fodder barley and oats grain

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	Zawartość w % s.m. Content in % d.m.			Plon z 1 ha Yield of 1 ha		Stosunek białko- wo-energetyczny (g białka ogól- nego na 1 jed- nostkę owsianą) (g of total protein per 1 oats units) 6 : 7
		tłuszcz surowy crude oil	włókno surowe crude fibre	popiół surowy crude ash	białko ogólne total protein (kg)	jednostki owsiane oats units	
1	2	3	4	5	6	7	8
Jęczmień pastewny - Fodder barley							
W ₀		1,5	3,6	2,5	277	2800	99
W ₁		1,5	3,5	2,2	434	5430	80
	N ₁	1,5	3,5	2,4	318	3860	82
	N ₂	1,5	3,6	2,4	331	4120	80
	N ₃	1,6	3,6	2,3	381	4245	90
	N ₄	1,5	3,5	2,5	391	4235	92
Średnio - Mean		1,5	3,5	2,4	355	4115	86
Owies - Oat							
W ₀		2,8	10,6	2,7	239	1980	121
W ₁		2,5	10,1	2,6	447	4065	110
	N ₁	2,4	10,3	2,6	336	3015	111
	N ₂	2,7	10,1	2,5	344	3115	110
	N ₃	2,8	10,5	2,6	353	3015	117
	N ₄	2,6	10,4	2,6	340	2945	116
Średnio - Mean		2,6	10,3	2,6	343	3020	114

W₀, W₁ - jak w tabeli 10
- as in table 10

Deszczowanie modyfikowało ją w niewielkim stopniu. Pod jego wpływem zawartość wymienionych składników była na ogół nieznacznie mniejsza (o 0,1 - 0,5%). Jeszcze mniej wyraźne i ukierunkowane było w tym przypadku działanie nawożenia azotowego. O jednostkowej wartości pokarmowej ziarna paszowego decydowały więc w głównej mierze zmiany zawartości białka ogólnego, jakie zachodziły pod wpływem czynników doświadczenia (por. tab. 21). Ziarno roślin deszczowanych zawierało mniej białka, a więcej związków bezazotowych wyciągowych. Nie zmieniało to jednak znacząco wartości energetycznej paszy, która wynosiła w przeliczeniu na 1 kg suchej masy 1,38-1,39 j.o. (jęczmień pastewny) i 1,18 j.o. (owies).

W związku ze stosunkowo niewielkimi zmianami w składzie chemicznym ziarna, jakie zanotowano pod wpływem czynników doświadczenia, wydajność białka i jednostek owsianych z 1 ha była przede wszystkim pochodną wysokości plonu ziarna. Deszczowanie zwiększyło plon białka ogólnego jęczmienia pastewnego średnio o 157 kg/ha (57%), zaś owsa o 208 kg/ha (87%). Plon jednostek owsianych z 1 ha wzrósł odpowiednio o 94 i 105%. Pod wpływem wznoszącego nawożenia zwiększał się plon białka jęczmienia pastewnego, zwłaszcza w warunkach deszczowania. Rosła także wyraźnie wydajność jednostek owsianych. W przypadku owsa zmiany te były znacznie mniejsze.

Deszczowanie zawężyło stosunek białkowo-energetyczny paszy z 99 do 80 g białka ogólnego na 1 j.o. (jęczmień pastewny) i ze 121 do 110 g białka na 1 j.o. (owies). Było to konsekwencją zmniejszonej zawartości białka w ziarnie pod wpływem działania czynnika wodnego. Wznoszące nawożenie azotem zwiększało ten stosunek w podobnym stopniu na obiektach kontrolnych i deszczowanych.

4.6.7. Skład chemiczny

Zawartość makroelementów w ziarnie zbóż (tab. 27 i 28) okazała się, podobnie jak w przypadku składników pokarmowych, względnie stabilna. Dotyczy to zwłaszcza ziarna pszenicy jarej, którego zmiany w składzie chemicznym, zachodzące pod wpływem deszczowania i nawożenia azotem, były minimalne, bądź żadne. W pozostałych przypadkach ziarno nawadnianych zbóż zawierało o 0,05 - 0,07% mniej potasu i o 0,01 - 0,04% mniej fosforu w porównaniu z nie nawadnianymi. Zawartość magnezu w ziarnie wszystkich zbóż zmniejszała się w wyniku deszczowania o 0,01%. Minimalne zmiany dotyczyły także sodu i wapnia.

Wpływ nawożenia na skład chemiczny ziarna był również niewielki. Wraz ze wzrostem dawki azotu, zwiększała się nieznacznie w granicach do 0,03% zawartość fosforu (z wyjątkiem owsa) i potasu, zaś koncentracja pozostałych makroskładników zmieniała się w sposób nieukierunkowany.

Tabela 27
Table 27

Skład chemiczny ziarna jęczmienia browarnego
i pastewnego w % suchej masy (średnio 1987-1991)
Chemical composition of brewery and fodder barley grain
in % of dry matter (mean 1987-1991)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	P	K	Ca	Mg	Na
Jęczmień browarny - Brewery barley						
W ₀		0,44	0,50	0,04	0,13	0,02
W ₁		0,43	0,43	0,05	0,12	0,03
	N ₁	0,43	0,46	0,05	0,11	0,03
	N ₂	0,43	0,46	0,04	0,13	0,02
	N ₃	0,44	0,48	0,05	0,13	0,02
	N ₄	0,44	0,47	0,04	0,12	0,02
	Średnio - Mean	0,44	0,47	0,04	0,12	0,02
Jęczmień pastewny - Fodder barley						
W ₀		0,48	0,51	0,06	0,14	0,02
W ₁		0,44	0,46	0,06	0,13	0,03
	N ₁	0,45	0,47	0,06	0,13	0,02
	N ₂	0,46	0,48	0,06	0,14	0,02
	N ₃	0,46	0,49	0,06	0,14	0,03
	N ₄	0,47	0,49	0,06	0,13	0,03
	Średnio - Mean	0,46	0,48	0,06	0,13	0,02

W₀, W₁ - jak w tabeli 10
as in table 10

Tabela 28
Table 28

Skład chemiczny ziarna pszenicy jarej i owsa
w % suchej masy (średnio 1987-1991)
Chemical composition of spring wheat and oats grain
in % of dry matter (mean 1987-1991)

Deszczowanie Sprinkling	Nawożenie Fertilizing	P	K	Ca	Mg	Na
Pszenica jara - Spring wheat						
W ₀		0,47	0,43	0,06	0,14	0,02
W ₁		0,47	0,43	0,06	0,13	0,02
	N ₁	0,45	0,43	0,06	0,13	0,02
	N ₂	0,46	0,42	0,06	0,14	0,02
	N ₃	0,47	0,43	0,06	0,14	0,02
	N ₄	0,48	0,44	0,06	0,14	0,02
	Średnio - Mean	0,47	0,43	0,06	0,14	0,02
Owies - Oat						
W ₀		0,45	0,53	0,11	0,13	0,04
W ₁		0,44	0,47	0,11	0,12	0,04
	N ₁	0,44	0,50	0,10	0,13	0,03
	N ₂	0,46	0,50	0,10	0,13	0,04
	N ₃	0,45	0,50	0,11	0,12	0,04
	N ₄	0,44	0,51	0,11	0,13	0,04
	Średnio - Mean	0,45	0,50	0,11	0,13	0,04

W₀, W₁ - jak w tabeli 10
as in table 10

4.7. Próba określenia opłacalności deszczowania zbóż jarych na glebie bardzo lekkiej

Minimalny koszt zainstalowania deszczowni przenośnej z agregatem spalinowym Agro-300 wynosił w 1991 r. (według cen poszczególnych elementów pozyskanych z „Agromy” w Łodzi) 5200 tys. zł/ha (tab. 29). Założono przy tym, iż nakłady związane z pozyskaniem i doprowadzeniem wody do deszczowanego pola były w zasadzie zerowe (zbiornik wodny w odległości 50 m), a parametry eksploatacyjne deszczowni dotyczące wykorzystania wydajności pompy i organizacji ruchu urządzeń - poprawnie dobrane.

Tabela 29
Table 29

Koszty deszczowania (tys. zł/ha)
Costs of sprinkling irrigation (thousands zł/ha)

Wyszczególnienie - Specification	Koszty Costs
Koszt inwestycji Cost of investment	5200
Koszty roczne - Annual costs	
Amortyzacja (6,7 %) Amortization	347
Oprocentowanie kapitału (8,0 %) Interest on capital	416
Koszt paliwa (dawka 130 mm) Cost of fuel (dose 130 mm)	253
Koszty napraw i materiałów (2,0 %) Costs of repairs and materials	104
Razem koszty deszczowania Total costs of sprinkling	1120

Roczne stałe koszty deszczowania, obejmujące obok odpisu amortyzacyjnego (6,7%) także oprocentowanie kapitału (8,0%), wyniosły 763 tys. zł/ha. Spośród kosztów zmiennych, uwzględniono szacunkową wartość oleju napędowego, przy założeniu średniorocznej dawki nawodnieniowej 130 mm (zużycie paliwa 0,65 l/ha/1 mm) oraz koszty napraw i materiałów równe 2% nakładów inwestycyjnych (według badań niemieckich, cytowanych przez Dzieżyca [25]). Nie uwzględniono natomiast kosztów robocizny, zakładając, iż deszczownię instaluje się w gospodarstwie indywidualnym. Łączne średnioroczne koszty deszczowania, według przyjętych założeń i szacunków, wyniosły 1120 tys. zł na 1 ha.

Wysokość dodatkowej produkcji pod wpływem deszczowania - określona według pierwszego sposobu obliczeń dochodu rolniczego (tab. 30) - kształtowała się na dość wyrównanym poziomie od 1,68 t/ha jęczmienia browarnego do 2,20 t/ha jęczmienia pastewnego i pszenicy jarej. Wartość tych przyrostów różniła się znacznie bardziej, w związku z obowiązującą w 1991 r. re-

lacją jednostkowych cen poszczególnych zbóż, która w przypadku wysokojaściowej pszenicy i owsa była bliska relacji 2:1.

Tabela 30
Table 30

Efekty ekonomiczne deszczowania zbóż jarych
na glebie kompleksu żytniego bardzo słabego z 1 ha (wariant I)
Economical effects of sprinkling of spring cereals
on soil of very poor rye complex/ha (variant I)

Wyszczególnienie Specification	Jęczmień browarny Brewery barley	Jęczmień pastewny Fodder barley	Pszenica jara Spring wheat	Owies Oat	Średnio Mean
Średni przyrost plonu ziarna (t/ha) Mean increase of grain yield (t/ha)	1,68	2,20	2,20	2,09	2,05
Cena jednostkowa (tys. zł/ha) Unit price (thousands zł/ha)	850	650	950	500	-
Wartość przyrostu plonu (tys. zł/ha) Value of yield increase (thousands zł/ha)	1428	1430	2090	1045	1498
Roczne koszty deszczowania (tys. zł/ha) Annual costs of sprinkling (thousands zł/ha)	1120	1120	1120	1120	1120
Dochód rolniczy (tys. zł/ha) Direct income (thousands zł/ha)	+ 308	+ 310	+ 970	- 75	+ 378

Najwyższą wartością, spośród rozpatrywanych roślin zbożowych, charakteryzowała się uzyskana dzięki deszczowaniu dodatkowa produkcja pszenicy jarej (2090 tys. zł/ha), a najniższą - owsa (1045 tys. zł/ha). Ze względu na jednakowe dla wszystkich zbóż średnioroczne koszty ich deszczowania, wartości te wpływały bezpośrednio na otrzymywane dochody. Najbardziej opłacalne było zatem deszczowanie pszenicy jarej (dochód rolniczy 970 tys. zł/ha), następnie obu odmian jęczmienia (308 - 310 tys. zł/ha), zaś nieopłacalne - owsa (strata 75 tys. zł/ha).

Do przeprowadzonych według tego wariantu obliczeń, należałoby odnieść się krytycznie. W praktyce rolnik nie zdecyduje się uprawiać na glebie kompleksu żytniego bardzo słabego bez nawadniania roślin intensywnych, do jakich można zaliczyć pszenicę i jęczmień. Tym bardziej nie poniesie kosztów związanych z wyższym nawożeniem czy chemiczną ochroną roślin, mogących zapewnić w sprzyjających warunkach plony porównywalne z uzyskanymi w doświadczeniu na poletkach kontrolnych - rzędu 2,0 t ziarna z 1 ha.

Według drugiego wariantu obliczeń (tab. 31), wartość produkcji w warunkach nawadniania i optymalnego nawożenia azotem wynosiła od 2035 tys. zł/ha (owies) do 4303 tys. zł/ha (pszenica jara). Osiągnięcie tej produk-

cji na glebie bardzo lekkiej wymagało, oprócz kosztów związanych z deszczowaniem, także odpowiednio zwiększonych nakładów rolniczych poniesionych w związku z droższym materiałem siewnym, wyższym poziomem nawożenia i zastosowaniem poprawnej agrotechniki, w tym chemicznej ochrony roślin. W przypadku pszenicy jarej, przyrost tych nakładów (ΔK_r) wynosił prawie tyle samo (1066 tys. zł/ha), ile średnioroczny koszt nawadniania (1120 tys. zł/ha).

Tabela 31
Table 31

Efekty ekonomiczne deszczowania zbóż jarych
na glebie kompleksu żytanego bardzo słabego z 1 ha (wariant II)

Economical effects of sprinkling of spring cereals
on soil of very poor rye complex/ha (variant II)

Wyszczególnienie Specification	Jęczmień browarny Brewery barley	Jęczmień pastewny Fodder barley	Pszenica jara Spring wheat	Owies Oat	Średnio Mean
Produkcja w warunkach nawadniania Production under irrigation conditions					
Plony w doświadczeniu polowym (t/ha) Yield in field experiment (t/ha)	4,03	4,79	4,53	4,07	-
Cena jednostkowa (tys. zł/ha) Unit price (thousands zł/ha)	850	650	950	500	-
Wartość produkcji (tys. zł/ha) Value of production (thousands zł/ha)	3425	3113	4303	2035	3219
Produkcja bez deszczowania Production without irrigation					
Żyto - Rye 1,5 t/ha x 500 tys. zł/t = 750 tys. zł					
Przyrost wartości produkcji (ΔP) w wyniku deszczowania (tys. zł/ha) Increase of production value (ΔP) under the influence of sprinkling (thousands zł/ha)	2675	2363	3553	1285	2469
Przyrost kosztów rolniczych (ΔK_r) (tys. zł/ha) Increase of agricultural costs (ΔK_r) (thousands zł/ha) $\Delta K_r = 30\% \Delta P$	802	709	1066	385	740
Roczne koszty deszczowania (K_d) (tys. zł/ha) Annual costs of sprinkling (K_d) (thousands zł/ha)	1120	1120	1120	1120	1120
Dochód rolniczy (tys. zł/ha) Direct income (thousands zł/ha)	+ 753	+ 534	+1367	- 220	+ 609

W rezultacie kalkulacji przeprowadzonej według drugiego wariantu obliczeń ($\Delta P - \Delta K_r - K_d$) otrzymano podobne wyniki, jak w wariantcie pierwszym. Najbardziej opłacalne było zatem deszczowanie pszenicy jarej (dochód rolniczy 1367 tys. zł/ha), następnie jęczmienia browarnego (753 tys. zł/ha) i pastewnego (534 tys. zł/ha). Nieopłacalne było natomiast zastosowanie tego zabiegu w uprawie owsa (strata 220 tys. zł/ha).

Z porównania dochodów wyliczonych według zaprezentowanych sposobów obliczeń można zauważyć, iż były one wyższe w przypadku wariantu drugiego. Podkreśla się jednocześnie, iż wydaje się on bardziej słuszny, nawet przy założonych uproszczeniach i szacunkach. Chodzi bowiem o przyjęcie zasady, iż gleba kompleksu żytńskiego bardzo słabego może wydać odpowiednio wysokie plony pod warunkiem stosowania nawadniania, wysokiego nawożenia i właściwej agrotechniki. W przypadku braku nawodnień, stosowanie dużych nakładów na agrotechnikę nie jest celowe.

5. Dyskusja wyników

Rezultaty przeprowadzonych badań wskazały na dużą celowość zastosowania deszczowania jako podstawowego czynnika plonotwórczego na glebie bardzo lekkiej. Stworzyło ono możliwość uzyskania wysokiej produkcji zbóż jarych, niezależnie od wysokości i rozkładu opadów atmosferycznych. Można nawet stwierdzić, iż wręcz umożliwiło uprawę w tych warunkach gatunków zbóż, określanych jako intensywne. Warto przy tym wspomnieć o sposobach osiągania jeszcze wyższych plonów roślin deszczowanych niż średnie plony w doświadczeniu. Wymienić tu można zwiększenie częstotliwości i poprawę równomierności deszczowania, przeciwdziałanie możliwości wystąpienia erozji wietrznej, która spowodowała obniżenie plonowania w 1989 r., oraz wykorzystanie czynników plonotwórczych, których w doświadczeniu nie stosowano (np. nawożenie dolistne). O potencjalnej możliwości dalszego zwiększenia produkcji w warunkach deszczowania i optymalizacji nawożenia azotowego na glebie bardzo lekkiej świadczą plony zbóż w 1990 r. W przypadku jęczmienia pastewnego przekroczyły one 5,5 t/ha, a pszenicy jarej - 5,2 t/ha. Jest to poziom znacznie wyższy od średnich rezultatów krajowego rolnictwa, dorównujący plonom uzyskiwanym aktualnie w doświadczeniach odmianowych COBORU [96]. Instalację deszczowni na glebach najsłabszych można zatem uznać za podstawowy warunek niepełnego (bo przy wyższych kosztach i prawdopodobnie niższych plonach) wyrównania ich produkcyjnych szans w stosunku do gleb kompleksów pszennych oraz żytnich bardzo dobrych.

O dużej celowości stosowania nawodnień deszczownianych na glebie zaliczanej do kompleksu żytniego bardzo słabego świadczą uzyskane wysokie efekty produkcyjne. Średnie przyrosty plonu ziarna zbóż jarych okazały się co najmniej dwukrotnie większe od osiąganych w dotychczasowych doświadczeniach krajowych na glebach określanych przez autorów jako lekkie (kompleks żytni dobry). Przewyższały one także dość znacznie przeciętne efekty deszczowania zbóż w praktyce rolniczej i doświadczalnictwie uzyskiwane w Czechosłowacji [2, 90], NRD [10, 82, 98] oraz Austrii [51]. Dorównywały zwyczajom plonów osiąganym na posusznych terenach południowej Ukrainy i Powołża, gdzie nawodnieniami deszczownianymi objęto znaczne obszary gleb związłych [1, 86, 89], a nawet w Iraku [44], w którym obserwowano rozwój tych nawodnień w ostatnich latach.

Ze względu na uzyskany poziom plonów zbóż deszczowanych oraz bardzo wysokie produkcyjne efekty tego zabiegu, można dość wyraźnie stwierdzić, iż poddają one w wątpliwość opinie i zalecenia Drupki [15] oraz Jankowicka [48] odnośnie braku celowości lokowania inwestycji deszczownianych na glebach bardzo lekkich. Rezultaty te są również rozbieżne z wynikami badań prowadzonych w Laskowicach Oławskich przez Goneta i wsp. [28, 29] oraz Płoszyńskiego i wsp. [73]. Potwierdzają natomiast wyniki wczesnych do-

świadczeń Dzieżyca [19] i Trybały [91], zlokalizowanych na glebie piaszczystej podścielonej żwirem w Swojcu, rezultaty badań Jankowiaka w Sadłowicach [46, 47], a także opinie wyrażane przez Grabarczyka [31-33, 38]. Warto również odnotować, iż o wzrastających potrzebach i efektach deszczowania roślin wraz ze zmniejszaniem się efektywnej retencji użytecznej gleb świadczą wyniki modelowych eksperymentów prowadzonych przez Rileya [80] oraz Mocka i wsp. [63].

Obecnie panuje przekonanie, iż deszczowanie roślin w produkcji polowej, zwłaszcza upraw zbożowych, jest w Polsce całkowicie nieopłacalne. Świadczą o tym wyniki badań Rutkowskiego [84] oraz sugestie zawarte w jednej z nowszych prac Dzieżyca i Nowaka [26]. Dowodzi tego także słabe wykorzystanie już zainstalowanych urządzeń i niemal całkowite zaprzestanie odpowiednich inwestycji. Przeprowadzona w oparciu o wyniki doświadczenia polowego analiza ekonomicznej efektywności deszczowania nie potwierdza tego przekonania, wskazując, iż w warunkach gleby bardzo lekkiej stosowanie deszczowni może być opłacalne również w przypadku niektórych zbóż. Warto w tym miejscu wspomnieć o prowadzonych równoległe badaniach nad efektami deszczowania roślin okopowych. Wykazano w nich, iż wartość przyrostów plonów buraków cukrowych bądź ziemniaków na tych glebach może zwrócić w roku bardzo suchym koszt zakupu deszczowni przenośnej już po jednym sezonie eksploatacji [39]. Problemem jest natomiast uciążliwość posługiwania się taką deszczownią, nie zachęcająca użytkowników do jej zakupu.

Uzyskane produkcyjne i ekonomiczne efekty deszczowania zbóż jarych pozwalają także w nowym świetle spojrzeć na ich ewentualny udział w strukturze zasiewów na polach deszczowanych. Rozważań nad zastosowaniem nawodnień w produkcji zbóż nie można sprowadzać do ich uprawy w monokulturach. Pewien udział zbóż na deszczowanych polach, nawet przy niższych efektach, powinien być uwzględniany z racji zachowania zasad odpowiedniego następstwa roślin. Rezultaty badań wskazują, iż udział ten wcale nie musi wydatnie pogarszać ekonomicznych efektów deszczowania w skali poszczególnych zmianowań bądź gospodarstw, a przeciwnie - może przynosić również odpowiedni zysk. Warto nadmienić, że w 1985 roku powierzchnia nawadnianych zbóż w stosunku do ogólnie deszczowanego arealu wynosiła w Stanach Zjednoczonych 43% [42], NRD 28% [98], Bułgarii 27%, na Ukrainie 33%, a w jej południowych rejonach nawet od 51 do 61% [86].

Według otrzymanych rezultatów deszczowania poszczególnych zbóż jarych, najlepsza na nawadniane pola wydaje się pszenica jara (największa opłacalność), w dalszej kolejności jęczmień pastewny (największa produktywność) oraz jęczmień browarny (korzystne zmiany jakości ziarna pod względem przydatności do produkcji słoðu). Mimo otrzymanych wysokich efektów produkcyjnych, zalecenia odnośnie udziału owsa na deszczowanych polach powinny być ostrożniejsze z powodu niekorzystnego wyniku finansowego, braku zdolności efektywniejszego wykorzystania zwiększonego nawożenia azotem oraz wyraźnej skłonności do wylegania. Dotychczasowa literatura z zakresu nawadniania zbóż nie zawiera w zasadzie podobnych ocen, ponieważ z reguły autorzy koncentrowali się w badaniach na pojedynczym gatunku. Można jednak stwier-

dzić, że Dziezyce [25] spośród zbóż zalecał na deszczowane pola gatunki i odmiany intensywne, odporne na wyleganie, zdolne wykorzystać wysokie nawożenie oraz dostatek wody.

Omówione wyniki badań wykazały na ogół podobną efektywność nawożenia azotowego zbóż jarych do podawanej w literaturze podręcznikowej [27]. Potwierdziły one tezę Czuby [14] o braku możliwości powiększenia plonów na nie nawadnianych glebach bardzo lekkich poprzez samo nawożenie oraz wyniki niektórych doświadczeń, wskazujące na wzrost efektywności działania azotu w połączeniu z deszczowaniem [9, 68, 75, 78]. Najbardziej efektywne dawki nawożenia w warunkach nawadniania okazały się większe od podawanych przez Fotymę [27] na podstawie wieloletnich i wielopunktowych doświadczeń nawozowych. Dotyczy to zwłaszcza pszenicy jarej, reagującej największą zwyżką plonów przy wroście dawki od 100 do 125 kg N/ha.

Rezultaty badań dotyczące zmian jakości ziarna zbóż w wyniku działania oraz współdziałania deszczowania i nawożenia azotowego okazały się na ogół zgodne z dotychczasową literaturą. Potwierdziły się przede wszystkim poglądy wielu autorów o korzystnym wpływie deszczowania na dorodność ziarna i niekorzystnym - na zawartość w nim azotu oraz o odmiennym oddziaływaniu nawożenia azotowego na wymienione cechy. Ze względu na bardzo duże zróżnicowanie plonów, zmiany te były na ogół dużo większe niż w doświadczeniach innych autorów [6, 11, 25, 30, 55, 62, 92]. Wbrew wyrażanym często obawom, deszczowanie nie pogarszało jakości plonów; przeciwnie - umożliwiało roślinom normalny wzrost, rozwój, równomierne dojrzewanie oraz sprzyjało wykształcaniu ziarna. Stwierdzone mniejsze zawartości białka i glutenu, wynikające z wyższych plonów i większej masy ziarna, były z nawiązką rekompensowane przez znacznie większe zbiory z poletek deszczowanych.

Drugorzędne zagadnienie prowadzonych badań - to próba określenia polewego zużycia wody i jego zgodności z ewapotranspiracją potencjalną w warunkach nawadniania. Wyznaczone w doświadczeniu zużycie wody było zgodne z potrzebami opadowymi wyznaczonymi przez zespół pod kierunkiem Dziezyca na podstawie wieloletnich doświadczeń odmianowych [23, 70]. Wartości te odpowiadały także opadom optymalnym Klatta, uznawanym w kraju za jeden z lepszych wskaźników wymagań wodnych roślin. Wyniki pomiarów nie dały jednak odpowiedzi odnośnie różnic międzygatunkowych pod względem zapotrzebowania na wodę, sygnalizując, iż są one nieznaczne i trudne do uchwycenia. Ogólny brak zgodności między polewym zużyciem wody oraz ewapotranspiracją potencjalną wykazano już we wcześniejszej pracy z udziałem autora [36]. Wskazuje to na potrzebę dalszych badań odnośnie poszukiwania sposobu obliczeń ewapotranspiracji potencjalnej. Najniższe współczynniki korelacji nakazują natomiast większą ostrożność w zalecaniu do tego celu wieloskładnikowego wzoru Penmana, najbardziej propagowanego w ostatnim okresie [17].

Sumując rezultaty przeprowadzonych badań można stwierdzić, iż zastosowanie deszczowania i odpowiedniego nawożenia pozwala powiększyć produktywność gleb bardzo lekkich. Ze względu na dużą ich powierzchnię w Polsce, czynnik ten wypada uznać za poważną rezerwę krajowego rolnictwa, po którą

będzie można sięgnąć w miarę przewidywanego przyrostu ludności oraz zwiększenia możliwości eksportu produktów rolnych. Z tego punktu widzenia, przeznaczenie tych ziem pod zalesianie byłoby błędem. Według Grabarczyka [38], lasy na takich gruntach będą nieudane, straci się wiele miejsc pracy (likwidacja dużej liczby gospodarstw), a w przyszłości możliwość znaczącego powiększenia produkcji rolnej. Warto w tym miejscu odnotować, iż powiększenie produktywności gleb piaskowych, zaliczanych do 6 i 7 kompleksu przydatności rolniczej, Niewiadomski [65] uznał za „centralny problem rodzimej gospodarki żywnościowej”, zaś dużą potrzebę rozwijania badań naukowych na ten temat wyrażali między innymi Sienkiewicz i Krężel [88].

Ewentualny przyszłościowy rozwój nawodnień deszczownianych na bardzo lekkich glebach w Polsce wiązać się będzie oczywiście z uregulowaniem problemu wodnego, a w szczególności, z uprzednim nagromadzeniem wody w specjalnych zbiornikach retencyjnych. Możliwe byłoby także sięgnięcie po wody podziemne, którymi nawadnia się rośliny w wielu krajach świata.

Wyniki doświadczenia polowego w Kruszynie Krajeńskim zachęcają do dalszych badań nad celowością instalacji urządzeń deszczownianych na glebach kompleksów żytnych słabych i bardzo słabych. Szczególnie pożądane byłoby przeprowadzenie większej liczby eksperymentów w różnych rejonach kraju celem potwierdzenia zaobserwowanej wysokiej efektywności produkcyjnej deszczowania w tych warunkach glebowych.

6. WNIOSKI

Na podstawie pięcioletniego doświadczenia polowego z deszczowaniem zbóż jarych na glebie bardzo lekkiej, przy różnych poziomach nawożenia azotowego, można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Plonowanie nie deszczowanych zbóż jarych zależało ściśle i wprost proporcjonalnie od wysokości opadów atmosferycznych w maju i czerwcu. W roku bardzo suchym było ono zbliżone do ilości wysiewu.

2. Pod wpływem deszczowania wystąpiły wysoce istotne przyrosty plonów ziarna zbóż jarych: jęczmienia browarnego średnio 1,68 t/ha (84%), jęczmienia pastewnego 2,20 t/ha (92%), pszenicy jarej 2,20 t/ha (115%) i owsa 2,09 t/ha (106%). Deszczowanie spowodowało także istotny wzrost plonów słomy średnio o 1,09 - 3,53 t/ha (41 - 106%), w zależności od testowanego zboża. Podane przyrosty plonów są ponad dwukrotnie większe od przeciętnie uzyskiwanych w doświadczeniach krajowych przeprowadzonych na kompleksie zytнім dobrym.

3. Efekty produkcyjne deszczowania zależały prostoliniowo i odwrotnie proporcjonalnie od sumy opadów atmosferycznych w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę; korelowały także istotnie z wysokością sumarycznych dawek nawodnieniowych.

4. Deszczowanie wywarło korzystny wpływ na jakość ziarna zbóż jarych. Umożliwiło pozyskanie ziarna jęczmienia spełniającego wymagania dotyczące przydatności browarnej, poprawiło jego jakość pod względem przydatności do wyrobu kasz i płatków, a w przypadku pszenicy jarej - polepszyło niektóre wskaźniki wartości wypiekowej (liczbę opadania, rozplywalność glutenu).

5. W następstwie deszczowania nie wystąpiły wyraźniejsze zmiany składu chemicznego ziarna testowanych zbóż. Ziarno roślin nawadnianych cechowała jednak mniejsza procentowa zawartość białka, a pszenicy jarej także mniejsza ilość glutenu.

6. Wzrastające nawożenie azotowe, niezależnie od wariantu wodnego, podnosiło plony ziarna i słomy zbóż jarych w znacznie mniejszym stopniu niż deszczowanie.

7. Deszczowanie i wzrastające nawożenie azotowe współdziałało istotnie w podwyższaniu plonowania jęczmienia i pszenicy. Najwyższe plony ziarna, a także ich przyrosty pod wpływem deszczowania, uzyskano nawożąc jęczmień browarny 60 kg N/ha, jęczmień pastewny 100 - 120 kg N/ha, a pszenicę jarą 125 - 150 kg N/ha.

8. Wpływ wzrastającego nawożenia azotowego na jakość ziarna zbóż jarych był mniejszy i na ogół odmienny niż deszczowania. Wyższe dawki azotu ogra-

niczały niekorzystne działanie nawadniania na procentową zawartość białka i glutenu.

9. Poszczególne zboża jare zużywały w warunkach nawadniania zbliżone ilości wody. Zużycie to było zgodne z opadami optymalnymi określonymi przez Dzieżyca i Klatta oraz na ogół nieistotnie skorelowane z ewapotranspiracją potencjalną obliczoną różnymi formułami. Najwyższe współczynniki korelacji cechowały zależności polowego zużycia wody z ETP obliczoną wzorem Grabarczyka, a najniższe - z ETP określoną według formuły Penmana.

10. Analiza ekonomiczna, opracowana na podstawie cen ziemiopłodów i kosztów zakupu deszczowni przenośnej w 1991 r., wykazała, iż deszczowanie pszenicy jarej oraz jęczmienia pastewnego i browarnego było w pełni opłacalne.

11. Instalację deszczowni można uznać za podstawowy warunek podniesienia produktywności gleb bardzo lekkich, mogący chronić je przed ugorowaniem i zalesianiem.

LITERATURA

- [1] Alijew E.D., Wartanow I.I., 1979: Efektywność ispolzowanija oroszajemych ziemiel w SSSR. *Gidrotechnika i Melioracja*, 2, 64-67
- [2] Barta V., Salenková B., 1986: Minimum tillage of irrigated moderately heavy soils in spring barley culture following sugarbeet. *Ved. pr. Vys. ust. zavl. hosp. v Bratislave*, 18, 71-81
- [3] Bieszczad S., 1982: Plonowanie i skład chemiczny ziarna nowych rodów pszenicy jarej w zależności od nawadniania i poziomu nawożenia mineralnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 236, 329-338
- [4] Bieszczad S., 1986: Produktywność opadów, deszczowania i nawozów w uprawie pszenicy jarej, ziemniaków i koniczyny perskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 284, 161-170
- [5] 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 Roln.*, 181, 269-288
- [6] Biskupski A., Bogdanowiczowa M., Dzieżyc J., 1982: Ocena plonu i jakości ziarna odmian pszenicy jarej z doświadczeń z nawadnianiem i nawożeniem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 236, 417-426
- [7] Biskupski A., Ruszkowski M., 1984: Produkcja zbóż na cele konsumpcyjne. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 305, 79-99
- [8] Bodnár J., Jansky L., 1990: The role of irrigation in Czechoslovak agricultural development. *Agr. Eng.*, 45, 51-53
- [9] Borówczak F., Szukała J., Grześ S., Maciejewski T., 1992: Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plony niektórych roślin uprawnych w warunkach Wielkopolski. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy*, 180, *Rolnictwo* 32, 73-82
- [10] Braun K.H., 1988: Meliorationen bei der weiteren Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit und Intensivierung der Pflanzenproduktion. *Feldwirtschaft*, 29, 195-196
- [11] Buniak W., 1986: Wpływ nawadniania i zróżnicowanego nawożenia na wykorzystanie i produktywność nawozów mineralnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 268, 663-679
- [12] Buniak W., 1987: Zalecane dawki nawożenia mineralnego pod niektóre rośliny na nawadnianych glebach lekkich i średnich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 314, 345-363

- [13] Czuba R., Mazur T., 1988: Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN Warszawa
- [14] Czuba R., 1989: Wpływ nawożenia na glebę piaskową i plonowanie roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 377, 11-18
- [15] Drupka S., 1975: Wytyczne lokalizacji deszczowni rolniczych do nawadniania wodą czystą. Biul. Inform. IMUZ, Melioracje Rolne, 1, 1-7
- [16] Drupka S., 1976: Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni. PWRiL Warszawa
- [17] Drupka S., Roguski W., Sarnacka S., 1988: Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów roślin uprawnych i użytków zielonych. Mat. Instr. IMUZ, 66
- [18] Dudek S., Żarski J., 1990: Reakcja dwóch odmian pszenicy jarej (Henika i Kadett) na deszczowanie. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, 174, Rolnictwo 30, 81-90
- [19] Dzieżyc J., 1973: Ocena reakcji odmian pszenicy, ziemniaków, buraków i kapusty na nawadnianie i wysokie nawożenie w warunkach gleb lekkich. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 140, 87-100
- [20] Dzieżyc J., Bruździak M., Trybała M., Buniak W., 1978: Pobranie i produktywność składników pokarmowych i wody w płodozmianie norfolckim na glebie piaszczystej zależnie od nawadniania i nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 179-190
- [21] Dzieżyc J., Nowak L., Trybała M., Buniak W., 1978: Pobranie i produktywność składników pokarmowych i wody w płodozmianie norfolckim na glebie gliniastej zależnie od nawadniania i nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 191-202
- [22] Dzieżyc J., Pekarnik K., Buniak W., 1982: Zawartość makroskładników w ziemniakach, pszenicy i jęczmieniu zależnie od warunków wodnych oraz dawek azotu i potasu. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 236, 293-301
- [23] Dzieżyc J., Nowak L., Panek K., 1987: Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 314, 11-33
- [24] Dzieżyc J., Dmowski Z., Nowak L., Panek K., 1987: Efekty i efektywność produkcyjna deszczowania roślin w uprawie polowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 326, 27-43
- [25] Dzieżyc J., 1988: Rolnictwo w warunkach nawadniania. PWN Warszawa
- [26] Dzieżyc J., Nowak L., 1990: Wpływ nawadniania deszczownianego na produkcję polową. Mat. konf. nauk. „Usprawnienie eksploatacji deszczowni wielkoobszarowych”. AR Poznań, 5-9
- [27] Fotyma M., 1986: Nawożenie roślin uprawnych. W: Nawożenie (praca zbiorowa pod red. R. Czuby). PWRiL Warszawa

- [28] Gonet Z., Hendrysiak J., Kozłowska H., Pabın J., 1973: Plonowanie roślin w zmianowaniu na luźnej glebie piaszczystej w warunkach zróżnicowanego deszczowania, nawożenia i głębokości orki. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 140, 331-355
- [29] Gonet Z., Hendrysiak J., Kozłowska H., Pabın J.; 1978: Efektywność nawadniania, nawożenia i głębokości uprawy na luźnej glebie piaszczystej w świetle ośmioletniego doświadczenia płodozmianowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 49-66
- [30] Grabarczyk S., 1983: Wpływ nawożenia mineralnego i deszczowania na plony białka i suchej masy niektórych roślin polowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 238, 449-456
- [31] Grabarczyk S., 1986: Kryteria lokalizacji deszczowni. Fragmenta Agromica, 1, 15-28
- [32] Grabarczyk S., 1987: Opłacalność inwestycji deszczownianych w gospodarstwach indywidualnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 326, 213-226
- [33] Grabarczyk S., 1987: Efekty, potrzeby i możliwości nawodnień deszczownianych w różnych regionach kraju. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 314, 49-64
- [34] Grabarczyk S., Peszek J., Rzekanowski C., Żarski J., 1990: Rejonizacja potrzeb deszczowania w Krainie Wielkich Dolin. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 387, 73-88
- [35] Grabarczyk S., Żarski J., Dudek S., 1990: Metoda sterowania deszczowaniem w skali łąnu i gospodarstwa na podstawie opadów atmosferycznych. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 250, 41-56
- [36] Grabarczyk S., Żarski J., Dudek S., 1990: Porównanie ewapotranspiracji potencjalnej obliczonej różnymi formułami z polowym zużyciem wody. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 191, Mel. XXXV, 23-30
- [37] Grabarczyk S., Żarski J., 1991: Wpływ nawożenia azotem i deszczowania na niektóre cechy jakościowe jęczmienia pastewnego i owsa. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 263, 143-148
- [38] Grabarczyk S., 1992: Stan i perspektywy deszczowania roślin w Polsce. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, 180, Rolnictwo 32, 7-14
- [39] Grabarczyk S., Peszek J., Rzekanowski C., Żarski J., 1992: Efekty deszczowania roślin uprawianych na glebach kompleksu żytznego słabe-go. Roczn. AR w Poznaniu, CCXXXIV, 75-82
- [40] Grabarczyk S., Żarski J.: Produkcyjność gleb kompleksów żytnich słabych i bardzo słabych oraz możliwości jej podniesienia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., (w druku)
- [41] Gruszka J., 1978: Reakcja pszenicy jarej i ozimej na deszczowanie i wzrastające nawożenie mineralne na madzie średniej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 379-388

- [42] Hanchar J., Barney K., Dickason C., Crosswhite W., 1987: Irrigated acres: a profile comparison of 1976-80 and 1981-85. Techn. bull.-USDA. Econ. research service, Washington
- [43] Hansen L., 1989: Irrigation need and management on the farms in Denmark. Proc. of Symp. on improved irrigation practices to preserve and protect water resources and increase crop yields. Avignon, France
- [44] Janabi-al A.S., 1988: The effect of supplemental irrigation on water use and yield of wheat under dryland farming. Water Resour. Res., 7, 239-253
- [45] Jankowiak J., Chróst J., 1986: Efektywność produkcyjna zróżnicowanego nawadniania kilku podstawowych roślin rolniczych oraz jej zależność od nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 284, 185-196
- [46] Jankowiak J., Tomaszewska J., 1987: Efekty deszczowania roślin w zależności od warunków klimatycznych i glebowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 314, 173-191
- [47] Jankowiak J., 1989: Efekty nawadniania owsa na luźnej glebie piaszczystej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 377, 249-258
- [48] Jankowiak J., 1990: Uwarunkowania produkcyjne w rejonizacji nawodnień. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 387, 207-216
- [49] Karczmarczyk S., Laskowski S., Biniak B., Czerwonka M., 1978: Efektywność nawożenia mineralnego i nawodnień deszczownianych w ogniwie zmianowań. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 37-48
- [50] Karczmarczyk S., Laskowski S., Zbieć I., Nowicka S., 1982: Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie i skład chemiczny nasion bobiku oraz ziarna pszenicy i jęczmienia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 236, 303-312
- [51] Klik A., 1989: Ergebnisse von langjährigen Feldberegnungsversuchen bei landwirtschaftlichen Kulturen in Gross-Enzersdorf. Bodenkultur., 40, 221-229
- [52] Klupczyński Z., 1986: Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość ziarna zbóż. Mat. symp.: "Wpływ nawożenia na jakość plonów". ART Olsztyn, 1, 82-102
- [53] Kosturkiewicz A., Przybyła C., 1990: Problemy eksploatacji deszczowni wielkoobszarowych w regionie Wielkopolski. Mat. konf. nauk. "Usprawnienie eksploatacji deszczowni wielkoobszarowych". AR Poznań, 20-27
- [54] Koszański Z., Karczmarczyk S., Nowicka S., 1990: Wpływ deszczowania i zróżnicowanego nawożenia mineralnego na plonowanie jęczmienia jarego uprawianego w zmianowaniach o różnym areale zbóż. Fragmenta Agromomica, 1, 81-89
- [55] Kuszelewski L., Łabentowicz J., 1978: Działanie i wykorzystanie nawozów w płodozmianie roślin uprawy polowej w warunkach deszczowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 17-26

- [56] Kuszelewski L., Łabentowicz J., 1982: Wpływ nawadniania w zróżnicowanych warunkach nawożenia na skład chemiczny roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 236, 267-271
- [57] Leśniak E., 1991: Melioracje u progu lat 90-tych. Wiad. Mel. i Łąk., 9, 153-154
- [58] Landies G.A., 1983: Ekonomia ispolzowania poliwnoj techniki. Hidrotechnika i Melioracja, 12, 65-68
- [59] Łojewski S., 1987: Efektywność deszczowania roślin uprawnych w ujęciu makroekonomicznym. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 326, 227-255
- [60] Malicki L., 1973: Efektywność deszczowania oraz intensywnego nawożenia niektórych roślin na glebie lessowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 140, 101-115
- [61] Mazurek J., Mazurek J., 1976: Wpływ wysokich dawek NPK na plonowanie odmian pszenicy jarej w warunkach sztucznego nawadniania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 181, 243-250
- [62] Mazurek J., 1986: Ocena produktywności wody i azotu w uprawie różnych odmian pszenicy jarej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 284, 521-535
- [63] Mock J.F., Heger K., Renger M., 1989: Irrigation necessity - sprinkling requirement in humid climates. Proc. of Symp. on improved irrigation practices to preserve and protect water resources and increase crop yields. Avignon, France
- [64] Nietupski T., Mittelstaedt T., Kaczkowski J., 1985: Ocena ekonomiczna efektywności nawodnień. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 294, 279-292
- [65] Niewiadomski W., 1990: Uprawa i agrocenoza gleb piaskowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 376, 9-10
- [66] Nowak L., 1978: Zmiany jakości plonu i zasobności gleby pod wpływem zróżnicowanego nawożenia i nawadniania buraków cukrowych, pszenicy i bobiku. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 343-354
- [67] Nowak L., Trybała M., 1987: Plonowanie kilku odmian pszenicy jarej i ozimej w zmiennych warunkach wodno-nawozowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 314, 257-270
- [68] Orłowski F., Małecka I., Pełczyński W., 1987: Efektywność deszczowania jęczmienia jarego w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 326, 89-109
- [69] Panek K., 1976: Zmienność cech morfologicznych i plonu pszenicy ozimej i jarej pod wpływem nawadniania oraz zróżnicowanego nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 181, 173-234
- [70] Panek K., 1989: Potrzeby wodne roślin zbożowych. W: Potrzeby wodne roślin uprawnych (praca zbiorowa pod red. J. Dzieżyca). PWN Warszawa, 50-84

- [71] Piechowiak K., Sobiech S., Orłowski F., Borówczak F., 1978: Wpływ różnych poziomów nawożenia w warunkach deszczowania na plon niektórych roślin uprawnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 27-35
- [72] 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
- [73] Płoszyński M., Hendrysiak J., Żurawski H., Sienkiewicz J., 1982: Wpływ deszczowania i nawożenia NPK na plony i zawartość składników mineralnych w ziarnie pszenicy, żyta, jęczmienia i owsa. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 236, 313-318
- [74] Podsiadło C., 1991: Reakcja wybranych odmian pszenicy jarej na nawadnianie i zróżnicowane nawożenie mineralne (praca niepublikowana)
- [75] Podstawka-Chmielewska E., Kapusta B., 1992: Plonotwórczy efekt deszczowania i nawożenia azotowego w uprawie niektórych zbóż na glebie lekkiej. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, 180, Rolnictwo 32, 109-115
- [76] Praca zbiorowa, 1982: Agroklimatyczne podstawy melioracji wodnych w Polsce. PWRiL Warszawa
- [77] Prochal P., Rajda W., Maślanka K., 1978: Wpływ deszczowania i zróżnicowanego nawożenia niektórych roślin uprawnych na pobieranie składników nawozowych z plonami na glebie lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 67-76
- [78] Rajda W., 1987: Efektywność deszczowania i nawożenia mineralnego jęczmienia jarego na glebie lekkiej w rejonie Krakowa. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 314, 305-318
- [79] Rangeley W.R., 1987: Irrigation and drainage in the world. Water and water policy in world food supplies., 29-35
- [80] Riley H., 1989: Irrigation of cereals, potato, carrot and onion on a loam soil at various levels of moisture deficit. Norw. J. Agr. Sc., 3, 117-145
- [81] Rocznik Statystyczny GUS, 1990
- [82] Roth D., 1989: Efficient irrigation with a high water use efficiency under the climatic conditions of the GDR - results and experience. Proc. of Symp. on improved irrigation practices to preserve and protect water resources and increase crop yields. Avignon, France
- [83] Ruszczyc Z., 1985: Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. PWRiL Warszawa
- [84] Rutkowski M., 1987: Opłacalność deszczowania roślin rolniczych i ogrodniczych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 326, 167-198
- [85] Rytelewski J., Grabarczyk S., Kasińska D., Rybak A., 1982: Wpływ nawożenia i deszczowania na plonowanie i skład chemiczny pszenicy w warunkach bardzo ciężkiej mady żuławskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 236, 367-374

- [86] Rzekanowski C., Grabarczyk S., 1987: Efektywność produkcyjna nawadniania deszczownianego w warunkach ZSRR. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 326, 267-279
- [87] Sienkiewicz J., 1968: Wpływ nawożenia mineralnego i nawodnień na wartość wypiekową ziarna pszenicy ozimej i jarej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 77b, 15-21
- [88] Sienkiewicz J., Krężel R., 1990: Działanie różnych technologii uprawy roli na właściwości gleb piaskowych i plonowanie roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 376, 11-23
- [89] Szapoznikow B.S., 1990: Oroszenie w Powołże - załóg połącznienia gwarantowanowo proizwodstwa ziarna. Probl. orosz. ziemi. Powołża, 74-81
- [90] Tašky J., Neuppauerová E., 1985: Economic efficiency of plant production under conditions of irrigation in the fifth and sixth five-year plan periods. Ved. pr. Vys. ust. zav. hosp. v Bratislave, 17, 57-70
- [91] Trybała M., 1968: Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na plonowanie roślin uprawnych na glebie piaszczystej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 86, 117-163
- [92] Trybała M., 1978: Wpływ nawadniania i zróżnicowanego nawożenia na skład chemiczny roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 199, 321-329
- [93] Trybała M., Małkiewicz H., 1986: Zużycie i produktywność wody w warunkach deszczowania w płodozmianie norfolkskim. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 284, 153-159
- [94] Veimeiren L., 1989: Trends in irrigation developments and advances in irrigation techniques. Proc. of Symp. on improved irrigation practices to preserve and protect water resources and increase crop yields. Avignon, France
- [95] Witek T., 1971: Rolnicza przydatność gleb Polski w liczbach. IUNG Puławy
- [96] Wyniki doświadczeń odmianowych COBORU. Zboża jare. 1986-1990
- [97] Zbieć I., Karczmarczyk S., 1986: Wpływ uzupełniającego deszczowania oraz norflurazonu i glifozatu na plony i zachwaszczenie łąnu. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 327, 83-93
- [98] Zonner I., Teichardt R., 1988: Zur Ertragswirksamkeit der Beregnung bei Winterroggen, Wintergerste und Hafer in langjährigen Produktionsexperimenten. Feldwirtschaft, 29, 203-204

REAKCJA ZBÓŻ JARYCH NA DESZCZOWANIE I NAWOŻENIE AZOTOWE
W WARUNKACH GLEBY BARDZO LEKKIEJ

Streszczenie

W pięcioletnich doświadczeniach polowych (1987-1991) przeprowadzonych na glebie kompleksu żytńskiego bardzo słabego w Kruszynie Krajeńskim koło Bydgoszczy, badano wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plonowanie i jakość ziarna czterech zbóż jarych.

Deszczowanie okazało się czynnikiem wysoce istotnie zwiększającym plony ziarna z 1,92 - 2,39 t/ha do 3,68 - 4,59 t/ha, zależnie od testowanego zboża. Najwyższe plony, a także ich przyrosty pod wpływem deszczowania, uzyskano stosując następujące dawki azotu: jęczmień browarny 60 kg/ha, jęczmień pastewny 100 - 120 kg/ha, pszenica jara 125 - 150 kg/ha. Współdziałanie deszczowania i nawożenia było natomiast nieistotne w podwyższaniu plonu owsa.

Deszczowanie wywarło korzystny wpływ na jakość ziarna badanych zbóż, umożliwiając pozyskanie jęczmienia spełniającego wymagania dotyczące przydatności browarnej i poprawiając niektóre wskaźniki wartości wypiekowej pszenicy jarej. Analiza przeprowadzona według cen z 1991 r. wykazała, iż było ono także zabiegiem opłacalnym.

Zwiększone nawożenie azotowe, niezależnie od wariantu wodnego, podnosiło plony znacznie słabiej niż deszczowanie. Miało ono także mniejszy i na ogół odmienny niż deszczowanie wpływ na jakość ziarna.

Uzyskane efekty produkcyjne i ekonomiczne nawadniania zbóż jarych w warunkach optymalnego nawożenia azotowego świadczą o tym, że stanowi ono podstawowy czynnik zwiększający produktywność gleb bardzo lekkich, mogący chronić je przed wypadaniem z produkcji rolniczej.

THE RESPONSE OF SPRING CEREALS TO SPRAY IRRIGATION
AND NITROGEN FERTILIZATION UNDER CONDITIONS OF VERY LIGHT SOIL

Summary

The effects of irrigation and nitrogen fertilization on the yield and grain quality were studied in the field experiments during the years 1987 - 1991. The experiments were conducted on a soil of very poor rye complex, located in Kruszyn Krajeński near Bydgoszcz.

Spray irrigation appeared to be the treatment which significantly increased the grain yield from 1,92 - 2,39 t/ha to 3,68 - 4,59 t/ha, as dependent on the tested cereals. Both highest yields and most substantial increased caused by irrigation were observed after fertilization with the following high nitrogen doses: for brewery barley 60 kg/ha, fodder barley 100 - 120 kg/ha and spring wheat 125 - 150 kg/ha. Joint-action of irrigation and fertilization was however not significant in case of oats crops.

Spray irrigation was found to increase considerably the grain shapeliness and therefore allowed to obtain barley suitable for brewing. It also improved some indexes of baking quality of spring wheat. Economical evaluation of the treatment proved that it was a profitable one as well.

The highest nitrogen fertilization, independently from water variant, increased the yield to much lesser extent than irrigation. Its effect on the grain quality was also smaller and in general different to the one found for irrigation.

The obtained productional and economical results of spray irrigation of spring cereals together with optimal conditions of nitrogen fertilization demonstrate that this treatment can be a fundamental factor increasing productivity of very light soils, and thus preventing their exclusion from arable grounds.



Biblioteka Główna ATR
w Bydgoszczy

S

21739 / 1

ISSN 0209-0597