



**POLITECHNIKA  
BYDGOSKA**

Wydział Rolnictwa i Biotechnologii

**mgr inż. Łukasz Najdowski**

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

na temat:

**Siew dwurzędowy jako element technologii uprawy pszenicy ozimej  
(*Triticum aestivum* L.)**

**Promotor:**

**prof. dr hab. inż. Iwona Jaskulska**

**Bydgoszcz, 2022**

## WSTĘP

Obsada i rozmieszczenie przestrzenne roślin w łanie kształtowane są w momencie siewu. Wpływają one na wielkość powierzchni życiowej pojedynczej rośliny, a przez to na wykorzystanie zasobów siedliskowych, w tym regulowanych przez rolnika, np. w wyniku nawożenia, uprawy roli (Markowski i in. 2013).

Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że sposób rozmieszczenia roślin pszenicy kształtuje jej: powierzchnię liściową, wysokość roślin, obsadę pędów, długość i masę kłosa, liczbę kwiatów i ziaren w kłosie, a przede wszystkim produktywność i plon (Pandey i in. 2013). Nie mniej ważny jest również jego wpływ na cechy jakości ziarna (Lindsey i in. 2016).

W agrotechnice pszenicy stosowane są różne metody siewu, w tym zależne od sposobu uprawy roli i intensywności całej technologii. Teoretycznie najbardziej równomierne rozmieszczenie ziaren zapewnia siew rzutowy. We współczesnej agrotechnice zbóż jest on często stosowany w uprawie tych roślin w międzyplonie, rzadziej w plonie głównym (Krężel i Sobkowicz 1996). Podobny efekt, bardziej równomiernego przestrzennego rozmieszczenia nasion niż przy siewie rzędowym, zapewnia również siew rozproszony, który można wykonać siewnikami zbożowymi wyposażonymi w redlice specjalnej konstrukcji (Roszkowski i Kogut 2001, Lipiński 2006).

Najczęściej wykonywany jest jednak siew rzędowy z równoległym i równo oddalonym od siebie przebiegiem kolejnych rzędów. Ich rozstawa jest natomiast bardzo zróżnicowana i zależna od wielu czynników (Scott i in. 2013). W Polsce zalecana rozstawa rzędów w integrowanej technologii uprawy pszenicy wynosi od kilku do kilkunastu centymetrów (Korbas i Mrowczyński 2014). Jednak w zależności od warunków siedliskowych i agrotechnicznych, występujących także w innych rejonach świata, rzędy lub pasy tej rośliny rozmieszczane są w różnej odległości i konfiguracji (Schillinger i Wuest 2014, Thorsted i in. 2006). Rzędy lub pasy pszenicy mogą mieć także przebieg prostopadły, co jest istotą siewu krzyżowego (Hussain i in. 2003).

Niekiedy stosowane są również metody siewu pszenicy polegające na zróżnicowanej rozstawie rzędów. Dwa rzędy położone są blisko siebie – odległość wynosi kilka-, kilkanaście centymetrów. Parę tę od następnej oddziela natomiast szerokie międzyrzędzie (Senger i in. 2015). Taka metoda siewu zbóż wykorzystywana jest po uproszczonych, także pasowych, sposobach uprawy roli (Cook i in. 2000). W pasie siewnym zawierającym wąskie międzyrzędzia występują najczęściej 2, ale niekiedy także 4 rzędy (Bhunia i in. 2015).

Walorem rozmieszczenia roślin w rzędach o zróżnicowanej szerokości międzyrzędzi jest możliwość wystąpienia efektu brzegowego. Ma on miejsce w rzędach położonych wzdłuż nieobsianych powierzchni, co wynika z lepszego wykorzystania światła, wody i składników pokarmowych. Słabsza konkurencja wewnątrzgatunkowa niż w zwartym łanie umożliwia większą produktywność i plonowanie roślin.

# HIPOTEZA I CEL PRACY

## Hipoteza badawcza

Rozmieszczenie roślin w podwójnych rzędach z szerokim międzyrzędziem pomiędzy parami tych rzędów umożliwia wystąpienie efektu brzegowego w postaci korzystnych zmian wielkości elementów plonowania, plonu i cech jakości ziarna. Wielkość tych zmian może jednak zależeć od gęstości siewu, gdyż wraz z jej zwiększeniem wzrasta zagęszczenie roślin w rzędzie, co może prowadzić do narastania konkurencji wewnątrzgatunkowej. Uzyskanie nawet plonu nie mniejszego i ziarna nie gorszej jakości, niż w tradycyjnym siewie rzędownym poprzedzonym uproszczoną cało powierzchniową uprawą roli należy uznać za wynik korzystny. Możliwość zastosowania tej metody siewu w technologii pasowej uprawy roli pozwala bowiem ograniczyć zużycie paliwa, skrócić czas pracy i ograniczyć presję na środowisko.

## Cel główny badań oraz cele szczegółowe

Celem głównym badań było określenie wpływu siewu dwurzędowego z szerokim międzyrzędziem pomiędzy parami rzędów na wzrost, plonowanie, jakość ziarna oraz elementy organizacyjno-ekonomiczne uprawy pszenicy ozimej.

Cele szczegółowe zakładały poznanie i ocenę efektów występowania roślin pszenicy w podwójnych rzędach i ich porównanie z efektami tradycyjnego siewu rzędownego przy różnej jego gęstości i sposobie uprawy roli. Ocenione zostały:

- wschody i obsada roślin,
- odżywienie roślin azotem,
- budowa morfologiczna roślin,
- plon,
- cechy jakości ziarna,
- nakłady paliwa,
- czasochłonność,
- nadwyżka bezpośrednia.

## METODYKA BADAŃ

### Metoda badawcza

W celu weryfikacji przyjętej hipotezy badawczej wykonano dwa doświadczenia polowe. W pierwszym z nich badano wpływ siewu dwurzędowego i jednorzędowego po klasycznej, płuźnej uprawie roli na wzrost i plonowanie pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu, zaś w drugim siew dwurzędowy pszenicy ozimej po pasowej uprawie roli porównywano z siewem rzędownym po bezpłuźnej uprawie cało powierzchniowej. Poznaniu przyczyn reakcji roślin lub ich braku na stosowane technologie służyły pomiary i analizy materiału roślinnego pod kątem wzrostu, plonowania, jakości ziarna oraz aspektów organizacyjno-ekonomicznych uprawy pszenicy ozimej.

## Doświadczenie polowe nr 1

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe wykonano w latach 2016-2019. Eksperyment zlokalizowano w stacji badawczej w Mochelku (53°21'83"N; 17°87'22"E) należącej do Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (Politechnika Bydgoska).

Czynniki doświadczalne i ich poziomy:

I czynnik (A) – sposób siewu

- siew dwurzędowy
- siew jednorzędowy

II czynnik (B) – gęstość siewu

- 200 ziaren m<sup>-2</sup>
- 350 ziaren m<sup>-2</sup>
- 500 ziaren m<sup>-2</sup>

Obiekty doświadczalne rozmieszczano w układzie losowanych bloków w 6. powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 3 m x 12 m, a jego powierzchnia 36 m<sup>2</sup>.

Rośliną przedplonową dla pszenicy ozimej w każdym roku był rzepak ozimy. Uprawę roli, przedsięwną aplikację nawozów mineralnych oraz siew pszenicy ozimej, w zależności od czynników doświadczenia, wykonywano przy użyciu maszyn i narzędzi stosowanych w praktyce rolniczej. W badaniach występowała pszenica ozima 'Arkadia', wysiewana w zależności od roku badań: 23 września 2016 roku, 21 września 2017 roku i 20 września 2018 roku. W każdym roku używano kwalifikowany materiał siewny o zdolności kiełkowania minimum 96% i czystości 99%, zaprawiony preparatem Kinto Duo 080 FS. Rozstawa rzędów na obiektach z siewem rzędowym wynosiła 10,3 cm, a w siewie dwurzędowym 10,3 cm pomiędzy rzędami w pasie i 20,6 cm pomiędzy sąsiednimi pasami. Nawożenie przedsięwne stosowano w formie nawozu wieloskładnikowego Polifoska 8 (NPKS 8:20:30), w dawce 250 kg ha<sup>-1</sup>. Nawożenie pogłównie azotem w postaci saletry amonowej stosowano wiosną w dwóch dawkach: faza BBCH 25-28 – w momencie wznawiania wegetacji (60 kg N ha<sup>-1</sup>) i BBCH 32-33 (60 kg N ha<sup>-1</sup>). W okresie wegetacji rośliny chroniono przed agrofagami zgodnie z zasadami Integrowanej Ochrony Roślin. Pszenicę ozimą zbierano w pełnej dojrzałości roślin, przy wilgotności ziarna 13-15% z powierzchni całych jednostek doświadczalnych. Zbioru dokonywano, w zależności od roku badań, pomiędzy 20 lipca a 3 sierpnia.

## Doświadczenie polowe nr 2

W latach 2016-2019 przeprowadzono jednoczynnikowe doświadczenie łanowe. Eksperyment zlokalizowano w gospodarstwie rolnym w Śmielinie (53°09'04"N; 17°29'11"E), gmina Sadki. Czynnikiem doświadczalnym był sposób siewu i uprawy roli:

- siew dwurzędowy po pasowej uprawie roli,
- siew jednorzędowy poprzedzony cało powierzchniową uprawą bezpłużną.

Obiekty doświadczalne zlokalizowano na poletkach o wymiarze 12 m x 500 m w układzie losowanych bloków, w 3. powtórzeniach.

Przedplonem w pierwszym roku badań była pszenica ozima, a w dwóch kolejnych rzepak ozimy. Zabiegi bezpłużnej uprawy roli wykonywano przy użyciu kultywatora Horsch Tiger 6 AS, aplikację nawozów mineralnych za pomocą rozsiewacza Amazone ZG-TS 8200, a przygotowanie łoża siewnego i siew agregatem Horsch Pronto 4DC.

Rozstawa rzędów wynosiła 14,3 cm. W pasowej uprawie roli spulchniano tylko pasy gleby o szerokości około 12 cm na głębokość 20 cm. Rozstawa dwóch rzędów roślin w jednym pasie uprawionej gleby wynosiła 12 cm, a ich odległość do sąsiedniego rzędu w kolejnym pasie 24,4 cm. W doświadczeniu występowała pszenica ozima 'Apostel'. Siew wykonano 15 września 2016 roku, 18 września 2017 roku i 14 września 2018 roku. Gęstość siewu, niezależnie od sposobu uprawy roli i siewu, wynosiła 300 ziaren m<sup>-2</sup>. Na obu poziomach czynnika doświadczalnego stosowano 356 kg NPK na ha, w tym bezpośrednio przed siewem 27 kg N ha<sup>-1</sup>, 69 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 120 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. W uprawie pasowej azot w dawce przedsiewnej i fosfor stosowano w pasy uprawianej gleby w momencie siewu podczas jednego przejazdu agregatu Mzuri Pro-Til 4T. W uprawie bezpłużnej nawozy wysiewano na całą powierzchnię pola. Azot pogłównie stosowano w dwóch dawkach po 70 kg N ha<sup>-1</sup>, bezpośrednio po wznowieniu wegetacji wiosną i przed kłoszeniem – BBCH 38-39. Występowanie agrofagów ograniczano chemicznie zgodnie z aktualnymi zaleceniami i instrukcjami stosowania.

Zbioru pszenicy ozimej dokonano z powierzchni całych poletek w pełnej dojrzałości przy wilgotności ziarna maksymalnie 15%. Było to w kolejnych latach badań odpowiednio: 27 lipca, 12 sierpnia, 6 sierpnia.

## Warunki glebowe

W obu doświadczeniach określono podstawowe właściwości fizykochemiczne gleby. Analizę składu granulometrycznego wykonano przy użyciu dyfrakcyjnego laserowego analizatora wielkości cząstek Mastersizer 3000 (Malvern Instrument, UK). Z właściwości chemicznych określono: zawartość węgla organicznego – analizatorem Vario Max CN (Elementar, Niemcy), pH w 1 M KCl – metodą potencjometryczną (PN-ISO 10390), zawartość przyswajalnych form fosforu (PN-R-04023, 1996) i potasu (PN-R-04022, 1996) – metodą Egnera-Riehma, zawartość przyswajalnego magnezu (PN-R-04020, 1994) – metodą Schachtschabela.

Gleba (Luvisol) w Mochelku – doświadczenie nr 1 należy do podgrupy granulometrycznej glina piaszczysta, a jej właściwości w warstwie uprawnej 0-20 cm przedstawia tabela 1. Zgodnie z klasyfikacją rolniczą gleba ta należy do kompleksu żytniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IVa.

Tabela 1. Właściwości gleby (0-20 cm) w doświadczeniu nr 1

Właściwość	Rok badań		
	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Uziarnienie (%):			
piasek (2-0,05 mm)	56,9	61,0	57,1
pył (0,05-0,002 mm)	38,2	33,8	37,8
ił (<0,002 mm)	4,9	5,2	5,1
pH <sub>KCl</sub>	6,12	5,73	5,90
Węgiel organiczny (g C kg <sup>-1</sup> gleby)	9,37	8,86	9,51
Azot ogólny (g N kg <sup>-1</sup> gleby)	0,85	0,81	1,02
Przyswajalne formy:			
fosfor (mg P kg <sup>-1</sup> gleby)	105,2	84,9	88,5
potas (mg K kg <sup>-1</sup> gleby)	173,3	113,7	148,0
magnez (mg Mg kg <sup>-1</sup> gleby)	38,6	32,0	41,1

Doświadczenie polowe nr 2 założono na glebie Haplic Luvisol o składzie granulometrycznym gliny piaszczystej, należącej do kompleksów pszennego dobrego i żytniego bardzo dobrego, klas bonitacyjnych IIIb, IVa i właściwościach przedstawionych w tabeli 2.

Tabela 2. Właściwości gleby (0-20 cm) w doświadczeniu nr 2

Właściwość	Rok badań		
	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Uziarnienie (%):			
piasek (2-0,05 mm)	51,3	48,6	47,0
pył (0,05-0,002 mm)	44,1	46,6	49,1
ił (<0,002 mm)	4,6	4,8	3,9
pH <sub>KCl</sub>	6,72	6,54	6,56
Węgiel organiczny (g C kg <sup>-1</sup> gleby)	10,51	10,20	10,07
Azot ogólny (g N kg <sup>-1</sup> gleby)	1,04	1,10	1,02
Przyswajalne formy:			
fosfor (mg P kg <sup>-1</sup> gleby)	112,4	96,5	120,3
potas (mg K kg <sup>-1</sup> gleby)	185,9	204,7	170,1
magnez (mg Mg kg <sup>-1</sup> gleby)	68,2	73,3	59,6

### Oceny, pomiary i analizy roślin, łąnu i ziarna

Corocznie w trakcie wegetacji pszenicy ozimej na każdej jednostce eksperymentalnej obu doświadczeń wykonano obserwacje, pomiary i oceny:

- obsada roślin w fazie BBCH 12-13, (w 3. miejscach na 1-metrowym odcinku dwóch sąsiednich rzędów. W doświadczeniu nr 2 w 5. miejscach na poletku.  
Wynik wyrażono w szt. m<sup>-2</sup>,
  - wskaźnik zieloności liści flagowych jako pośrednia ocena odżywienia azotem – BBCH 51-55 (Miernik chlorofilu SPAD-502 Konica Minolta),
  - długość źdźbła – BBCH 89, średnia z pomiaru 20 kolejnych źdźbeł w 3. różnych rzędach,
  - obsada kłosów – BBCH 89, pomiar analogiczny jak obsady roślin po wschodach,
  - długość kłosa w doświadczeniu nr 1 - średnia z pomiaru 20 kłosów z kolejnych źdźbeł w trzech różnych rzędach,
  - liczba ziaren w kłosie, na podstawie liczby ziaren w kłosach pobranych do oceny długości,
  - masa ziarna z kłosa, liczba ziaren w kłosie,
  - plon ziarna w t ha<sup>-1</sup> przy zawartości wody 15%, na podstawie plonu z powierzchni poletka.
- Po zbiorze oceniono jakość ziarna poprzez określenie jego parametrów fiz. i chem.:
- masa 1000 ziaren – według PN-68/R-74017,
  - gęstość ziarna w stanie zsypanym – PN-ISO 7971-2,
  - wyrównanie ziarna – udział wagowy ziarna frakcji > 2,5 mm po przesortowaniu – Sortownik mechaniczny do oznaczania celności i wyrównania ziarna Typ SŻK
  - zawartość białka ogólnego – przy użyciu analizatora bliskiej podczerwieni,
  - zawartość glutenu mokrego – przy użyciu analizatora bliskiej podczerwieni,
  - rozpuszczalność glutenu – według PN-A-74041:1977,
  - wskaźnik sedymentacji – przy użyciu analizatora bliskiej podczerwieni,
  - liczba opadania zgodnie z PN-ISO 3093 – aparat Typ SWD.
- Ocena zużycia paliwa i czasu pracy (doświadczenie nr 2):
- Zużycie paliwa na uprawę roli i siew – wg. wskazań komputera pokładowego ciągnika.
  - Czasochłonność w/w czynności agrotechnicznych wg. pomiaru bezpośredniego.

## OPRACOWANIE WYNIKÓW

Dane opisujące wyniki pomiarów biometrycznych, ocen i analiz zostały opracowane matematycznie i statystycznie. Określona została istotność oddziaływania czynnika/ów oraz istotność różnic między obiektowych. Wykonano analizę wariancji doświadczenia jedno- i dwuczynnikowego, a różnice pomiędzy średnimi wielkościami obiektowymi zostały ocenione testem Tukeya przy poziomie istotności  $p=0,05$ . Wyniki z kolejnych lat badań zamieszczono w tabelach. Wyniki z kolejnych sezonów wegetacji pszenicy ozimej opisywano zgodnie z rokiem siewu/rokiem zbioru, np. 2016/2017. Syntezę z lat badań wykonano w modelu mieszanym (czynnik stały, lata losowe). Wyniki z doświadczenia nr 1 przedstawiono na wykresach, a doświadczenia nr 2 w tabelach, opisując je jako zakres lat realizacji, czyli 2016-2019.

W doświadczeniu nr 2 oceniona została również przestrzenna równomierność wschodów roślin (obsada roślin po wschodach) na porównywanych obiektach. Wyniki odchylenia standardowego wraz z wielkościami odstającymi i ekstremalnymi tej cechy przedstawiono na wykresie typu ramka-wąsy, a wskaźnik zmienności obsady roślin w różnych miejscach pola na wykresie kolumnowym. Ponadto w doświadczeniu nr 2 wykonano uproszczony rachunek ekonomiczny w oparciu zasady rachunku nadwyżki bezpośredniej. Zgodnie z metodyką wykonania kalkulacji rolniczych, nadwyżkę bezpośrednią określono jako wartość produkcji z 1 hektara uprawy pomniejszoną o koszty bezpośrednie poniesione na wytworzenie tej produkcji. W rachunku nadwyżki nie uwzględniono jednak dopłat do upraw, natomiast koszty bezpośrednie zwiększono o koszt pracy bezpośrednio związanej z porównywanymi sposobami uprawy roli i siewu, jak i koszt zużytego paliwa. Rachunek nadwyżki bezpośredniej wykonano dla wartości średnich z lat badań, a ceny produktów rolnych – ziarno pszenicy i środków produkcji oraz roboczogodziny przyjęto według średnich wartości w pełnych zł w 2021 roku w rejonie badań.

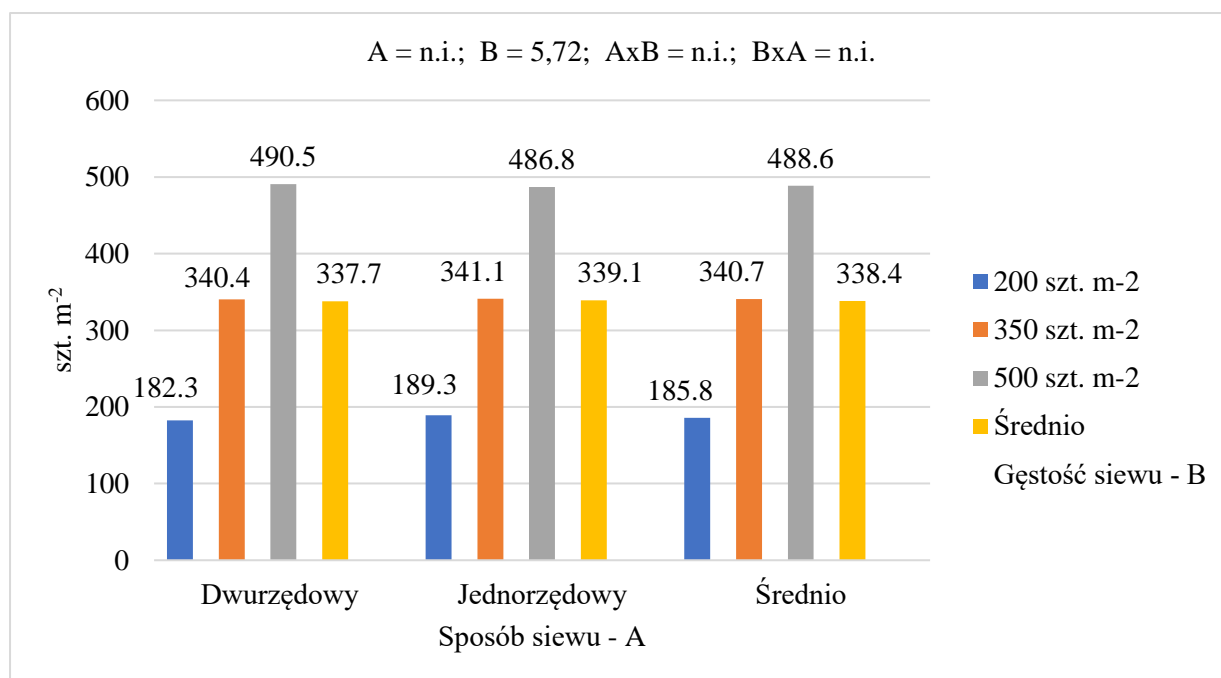
Do opracowania wyników wykorzystano pakiety programów komputerowych: ANALWAR-5.2-FR, Statistica 12.0, Microsoft Office. Wyniki opracowano z dokładnością 0,0001, a przed umieszczeniem ich w pracy, w tabelach lub na wykresach, zaokrąglono je, w zależności od cechy, z dokładnością do 0,01; 0,1 lub 1,0 przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Excel.

## WYNIKI BADAŃ

### DOŚWIADCZENIE NR 1

#### Obsada roślin po wschodach

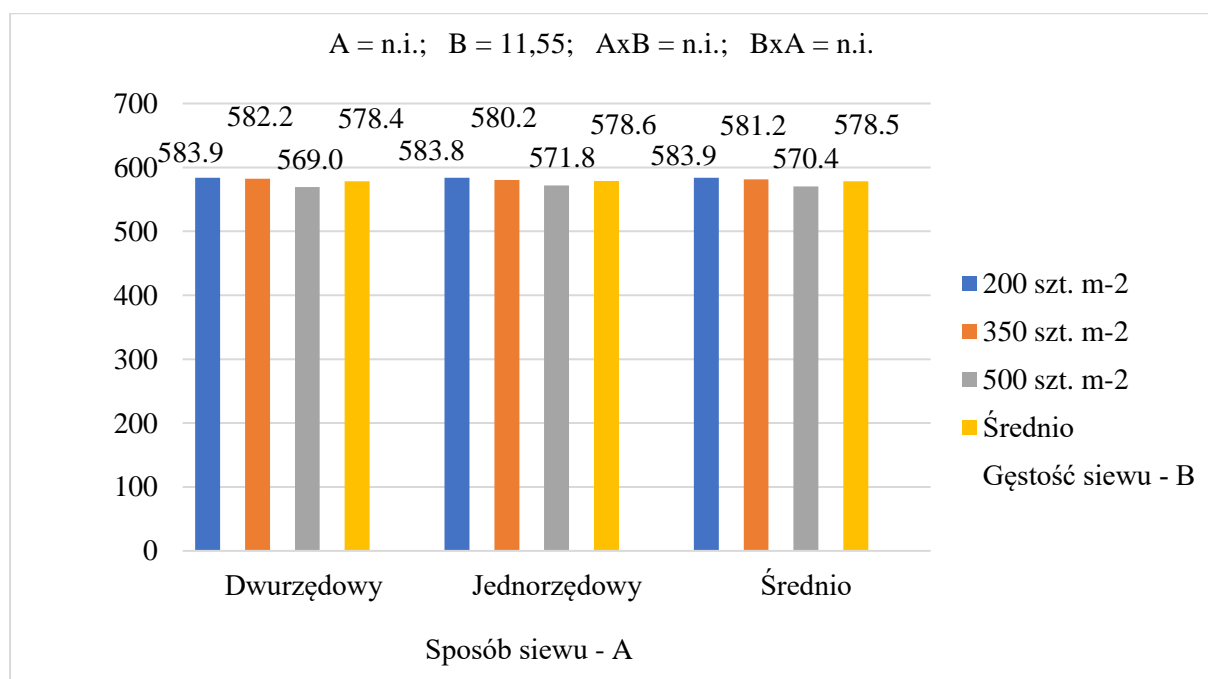
W pierwszym doświadczeniu, realizowanym jako eksperyment poletkowy po klasycznej, płużnej uprawie roli, średnio w okresie badań sposób siewu nie miał istotnego wpływu na obsadę roślin pszenicy ozimej bezpośrednio po wschodach, nie stwierdzono również jego oddziaływania w zależności od gęstości siewu (rys. 1). Obsada roślin była natomiast zależna od gęstości siewu i kształtowała się od 185,8 szt.  $m^{-2}$  w wyniku wysiewu 200 ziaren  $m^{-2}$  do 488,6 szt.  $m^{-2}$  przy wysiewie 500 ziaren na  $m^2$ .



Rysunek 1. Średnia obsada roślin po wschodach w latach badań (2016-2019)

### Wskaźnik zieloności liści

Zależność wskaźnika zieloności liścia flagowego od czynników doświadczenia średnio w okresie badań kształtowała się podobnie jak w trzecim roku, czyli w sezonie 2018/2019. Wskaźnik zieloności liści roślin wysianych w gęstości 200 ziaren m<sup>-2</sup> i 300 ziaren m<sup>-2</sup> był istotnie większy niż roślin wysianych najgęściej. Różnica, istotna statystycznie, wyniosła odpowiednio 13,5 i 10,8 jednostek SPAD (rys. 2).



Rysunek 2. Średni wskaźnik zieloności liścia flagowego – SPAD w latach badań (2016-2019)



## Obsada kłosów

Sposób siewu w każdym z trzech lat badań wpłynął istotnie na obsadę kłosów, a w pierwszym i trzecim roku oddziaływanie to zależało od jego gęstości. Na obiektach, gdzie wykonano siew dwurzędowy obsada kłosów była, w zależności od roku, większa o 2,4-3,7% niż w wyniku siewu jednorzędowego (tab. 3). Korzystne oddziaływanie siewu dwurzędowego na obsadę kłosów ujawniło się tylko przy mniejszych gęstościach siewu, w 2016/2017 roku przy wysiewie 200 ziaren m<sup>-2</sup> i 350 ziaren m<sup>-2</sup>, a w 2018/2019 roku po wysiewie tylko 200 ziaren m<sup>-2</sup>. Przy dużej gęstości siewu – 500 ziaren m<sup>-2</sup> w pierwszym roku badań – większą obsadę kłosów zapewnił siew jednorzędowy.

Tabela 3. Obsada kłosów w kolejnych latach badań (szt. m<sup>-2</sup>)

Czynnik B gęstość siewu (ziaren m <sup>-2</sup> )	Czynnik A -sposób siewu		Średnia
	Dwurzędowy	Jednorzędowy	
2016/2017			
200	375,2	352,5	363,8
350	476,3	436,7	456,5
500	535,8	562,3	549,1
średnia	462,4	450,5	456,5
NIR (test Tukey'a) p=0,05: A=9,90 B=14,66 B/A=20,74 A/B=17,15			
2017/2018			
200	354,3	342,2	348,2
350	428,8	430,5	429,7
500	539,8	503,5	521,7
średnia	441,0	425,4	433,2
NIR (test Tukey'a) p=0,05: A=13,53 B=20,05 B/A=n.i. A/B=n.i.			
2018/2019			
200	463,8	432,5	448,2
350	552,0	540,5	546,2
500	587,7	593,7	590,7
średnia	534,5	522,2	528,4
NIR (test Tukey'a) p=0,05: A=10,26 B=15,20 B/A=21,49 A/B=17,77			

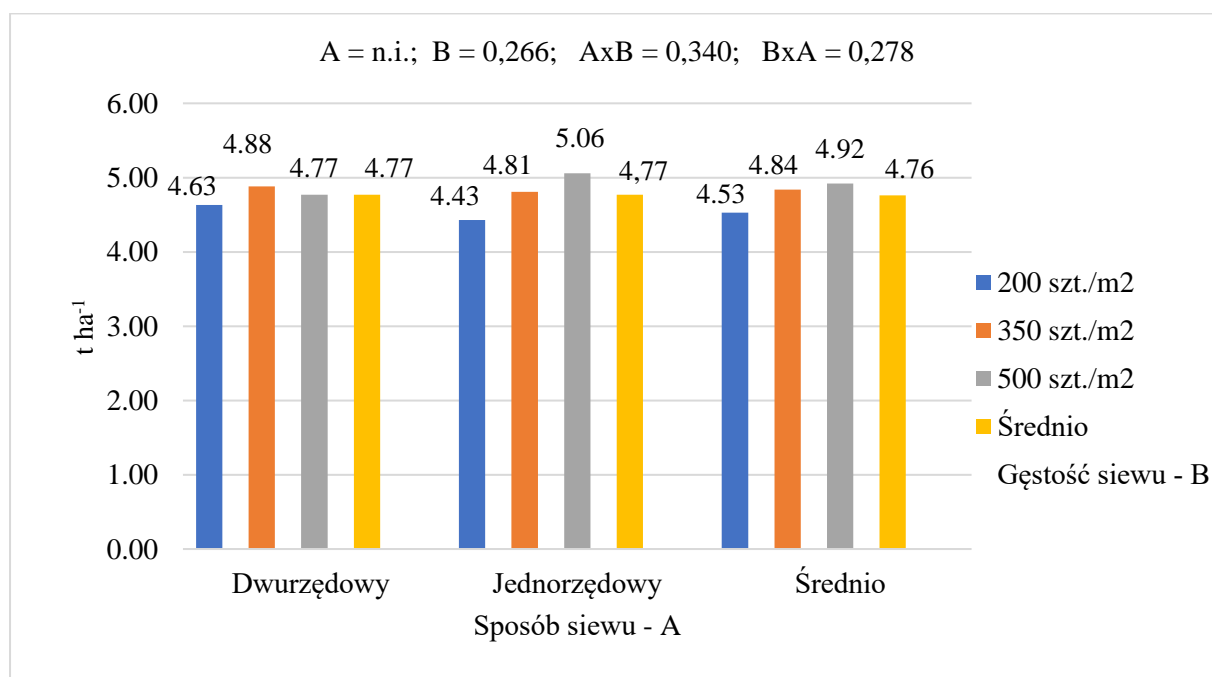
## Plon ziarna

Sposób siewu nie wpłynął istotnie na plon ziarna pszenicy ozimej, a jego różnica po wykonanym siewie dwurzędowym i jednorzędowym w poszczególnych latach nie była większa niż 0,06 t ha<sup>-1</sup> (tab. 4). Rozmieszczenie rzędów roślin oddziaływało jednak na plon w interakcji z gęstością siewu. Siew dwurzędowy sprzyjał plonowaniu pszenicy w przypadku mniejszej gęstości siewu, a jednorzędowy większej. Taka zależność wystąpiła w dwóch z trzech lat badań. W sezonie 2018/2019 plon pszenicy wysianej dwurzędowo w gęstości 200 ziaren m<sup>-2</sup> był istotnie większy niż w rezultacie siewu jednorzędowego, natomiast w roku 2016/2017 korzystny wpływ siewu dwurzędowego na plon ziarna wystąpił przy wysiewie 350 ziaren m<sup>-2</sup>. W każdym roku pszenica plonowała najlepiej przy różnej gęstości siewu, było to odpowiednio: 350 ziaren m<sup>-2</sup> – 2016/2017, 500 ziaren m<sup>-2</sup> – 2017/2018, 350 ziaren m<sup>-2</sup> i 500 ziaren m<sup>-2</sup> – 2018/2019.

Tabela 4. Plon ziarna ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Czynnik B gęstość siewu (ziaren $m^{-2}$ )	Czynnik A -sposób siewu		średnia
	Dwurzędowy	Jednorzędowy	
2016/2017			
200	4,82	4,78	4,80
350	5,28	5,05	5,17
500	4,90	5,25	5,07
średnia	5,00	5,03	5,01
NIR (test Tukey'a) $p=0,05$ : A=n.i. B=0,068 B/A=0,096 A/B=0,079			
2017/2018			
200	3,16	3,21	3,18
350	3,31	3,35	3,33
500	3,56	3,59	3,57
średnia	3,34	3,38	3,36
NIR (test Tukey'a) $p=0,05$ : A=n.i. B=0,095 B/A=n.i. A/B=n.i.			
2018/2019			
200	5,91	5,29	5,60
350	6,06	6,01	6,03
500	5,86	6,35	6,10
średnia	5,94	5,88	5,91
NIR (test Tukey'a) $p=0,05$ : A=n.i. B=0,121 B/A=0,171 A/B=0,142			

Średnio w trzyletnim okresie doświadczeń polowych plon pszenicy ozimej wysiewanej w gęstościach 350 ziaren  $m^{-2}$  i 500 ziaren  $m^{-2}$  był większy niż przy wysiewie 200 ziaren  $m^{-2}$ , przy czym istotny wpływ gęstości siewu na plon ziarna wystąpił tylko przy siewie jednorzędowym (rys. 3). W przypadku dużej gęstości siewu, 500 ziaren  $m^{-2}$ , plon ziarna po siewie jednorzędowym był istotnie większy niż po dwurzędowym.



Rysunek 3. Średni plon ziarna w latach badań (2016-2019)

## DOŚWIADCZENIE NR 2

### Obsada roślin po wschodach

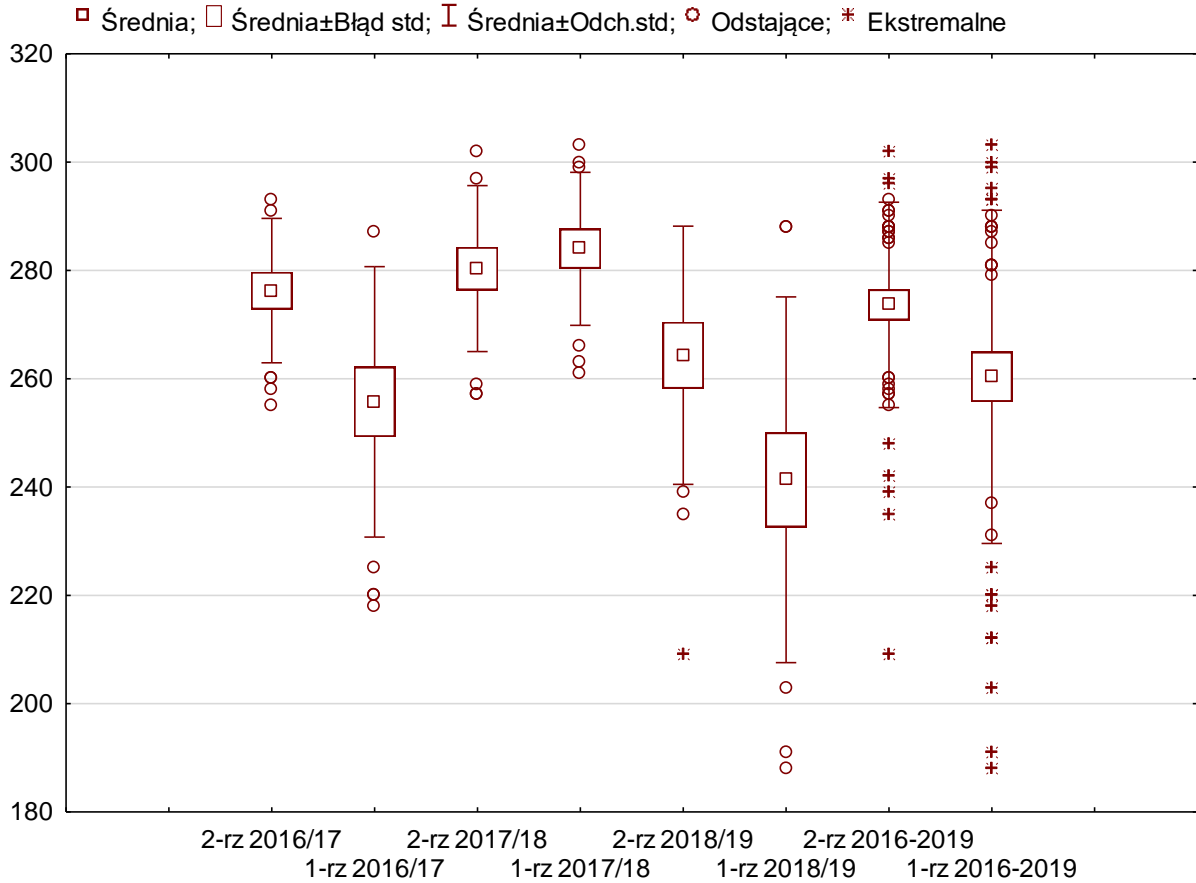
Sposób uprawy roli i siewu wpłynął istotnie na obsadę roślin pszenicy ozimej w dwóch z trzech lat badań, z wyjątkiem roku 2017/2018 (tab. 5). W pierwszym i trzecim roku obsada roślin pszenicy wysianej dwurzędowo w technologii pasowej uprawy roli była większa odpowiednio o 20,6 szt. m<sup>-2</sup> oraz 23,0 szt. m<sup>-2</sup> niż po siewie tradycyjnie jednorzędowym poprzedzonym cało powierzchniową bezpłużną uprawą roli. Podobnie, średnio w całym okresie badań obsada roślin wskutek siewu dwurzędowego była większa niż po siewie jednorzędowym, chociaż różnica wynosząca 13,4 szt. m<sup>-2</sup> nie została potwierdzona statystycznie.

Tabela 5. Obsada roślin po wschodach (szt. m<sup>-2</sup>)

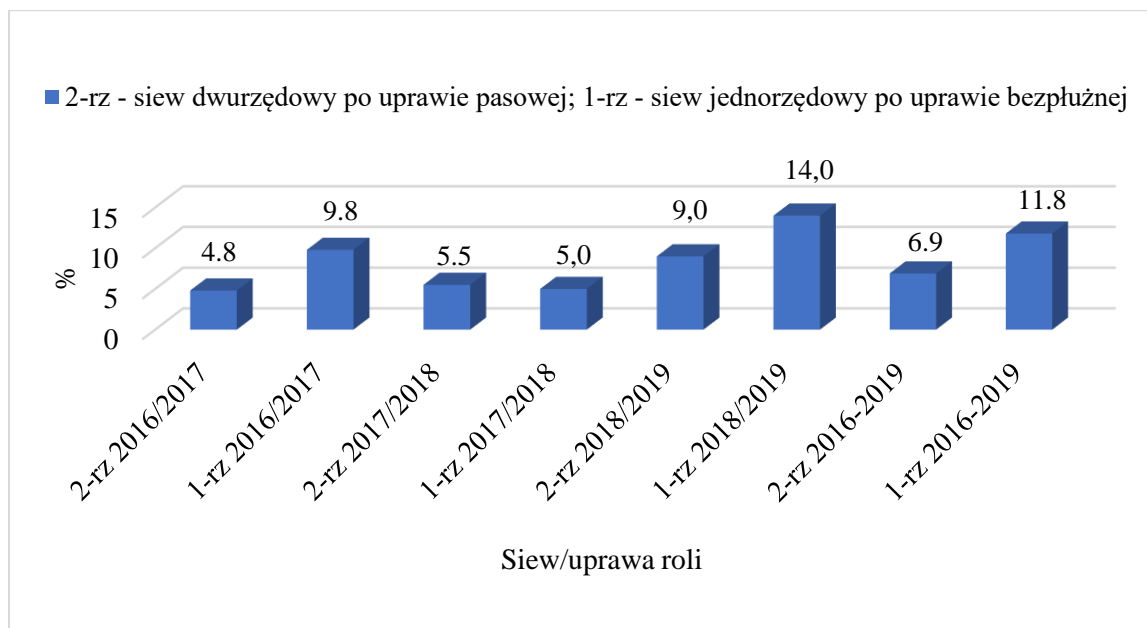
Siew/uprawa roli	Rok badań			Średnia
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	
Dwurzędowy po uprawie pasowej	276,3	280,3	264,3	273,7
Jednorzędowy po uprawie bezpłużnej	255,7	284,0	241,3	260,3
NIR; p=0,05	18,31	n.i.	13,14	n.i.

Porównanie wielkości odchylenia standardowego obsady roślin w obrębie obiektów doświadczenia wskazuje, że siew dwurzędowy wykonywany podczas pasowej uprawy roli spowodował mniejsze przestrzenne zróżnicowanie obsady roślin niż siew jednorzędowy po spulchnieniu całej powierzchni gleby (rys. 4). Taka zależność równomierności obsady roślin od sposobu uprawy roli i siewu wystąpiła w latach 2016/2017, 2018/2019 i średnio w trzyletnim okresie badań.

Współczynnik zmienności obsady roślin w obrębie całego obiektu obsianego dwurzędowo był mniejszy niż po siewie jednorzędowym o 5,0 punktów procentowych – 2016/2017 i 2018/2019 rok oraz 4,9 pkt. % średnio w okresie badań (rys. 5).



Rysunek 4. Równomierność przestrzenna obsady roślin po wschodach w latach 2016-2019 (2-rz – siew dwurzędowy po uprawie pasowej; 1-rz – siew jednorzędowy po uprawie bezpłużnej)



Rysunek 5. Współczynnik zmienności obsady roślin po wschodach w latach 2016-2019

## Obsada kłosów

Obsada kłosów pszenicy ozimej wysianej dwurzędowo w technologii z pasową uprawą roli była w każdym roku większa niż po siewie jednorzędowym poprzedzonym spulchnianiem całej powierzchni gleby. Istotność różnicy wielkości tej cechy została potwierdzona w latach 2017/2018, 2018/2019 oraz średnio w trzech latach badań, kiedy wyniosła ona odpowiednio 45,3 szt. m<sup>-2</sup>; 50 szt. m<sup>-2</sup> i 39,8 szt. m<sup>-2</sup> (tab. 6).

Tabela 6. Obsada kłosów (szt. m<sup>-2</sup>)

Siew/uprawa roli	Rok badań			Średnia
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	
Dwurzędowy po uprawie pasowej	676,7	572,3	683,7	644,2
Jednorzędowy po uprawie bezpłużnej	652,0	527,0	633,7	604,4
NIR; p=0,05	n.i.	16,54	25,21	33,49

## Plon ziarna

Plon ziarna pszenicy ozimej w każdym roku badań zależał od czynnika doświadczalnego. Siew dwurzędowy wykonywany bezpośrednio po uprawie pasowej roli w porównaniu z siewem jednorzędowym po uprawie bezpłużnej zwiększył plon ziarna pszenicy o 0,48 t ha<sup>-1</sup>; 0,50 t ha<sup>-1</sup> i 0,93 t ha<sup>-1</sup>, odpowiednio w latach 2016/2017, 2017/2018 i 2018/2019. Różnice te były istotne statystycznie (tab. 7). Także średnio w całym trzyletnim okresie plon ziarna pod wpływem siewu dwurzędowego był istotnie większy niż po siewie jednorzędowym, a różnica wyniosła 0,64 t ha<sup>-1</sup>.

Tabela 7. Plon ziarna (t ha<sup>-1</sup>)

Siew/uprawa roli	Rok badań			Średnia
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	
Dwurzędowy po uprawie pasowej	7,89	6,39	9,23	7,84
Jednorzędowy po uprawie bezpłużnej	7,41	5,89	8,30	7,20
NIR; p=0,05	0,075	0,025	0,453	0,636

## Zużycie paliwa

Porównywane elementy agrotechniki pszenicy ozimej wpłynęły istotnie na zużycie paliwa (tab. 8). W każdym roku badań i średnio w wieloleciu nakład paliwa na siew dwurzędowy w technologii pasowej uprawy roli był ponad 2,5-krotnie mniejszy niż na siew jednorzędowy po wcześniej wykonanej cało powierzchniowej uprawie bezpłużnej. Bezwzględna różnica zużycia paliwa wyniosła odpowiednio w kolejnych latach badań polowych: 21,7 l ha<sup>-1</sup>; 17,9 l ha<sup>-1</sup>; 22,1 l ha<sup>-1</sup> i średnio w wieloleciu – 20,5 l ha<sup>-1</sup>.

Tabela 8. Zużycie paliwa (l ha<sup>-1</sup>)

Siew/uprawa roli	Rok badań			Średnia
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	
Dwurzędowy po uprawie pasowej	13,1	11,9	14,2	13,1
Jednorzędowy po uprawie bezpłużnej	34,8	29,8	36,3	33,6
NIR; p=0,05	3,85	0,52	3,48	5,74

## Czas pracy

Różnica nakładów czasu pracy na wykonanie siewu dwurzędowego z pasową uprawą a na siew jednorzędowy po uprawie bezpłużnej całej powierzchni gleby była jeszcze większa niż różnica zużycia paliwa. Czas potrzebny na wykonanie siewu dwurzędowego i pasową uprawę roli był w poszczególnych latach krótszy o: 60,1 min ha<sup>-1</sup>; 51,8 min ha<sup>-1</sup> i 61,2 min ha<sup>-1</sup> niż czas absorbowany przez siew jednorzędowy i uprawę cało powierzchniową. Różnica ta średnio w trzyletnim okresie badań wyniosła 57,7 min ha<sup>-1</sup> (tab. 9).

Tabela 9. Nakład czasu pracy (min ha<sup>-1</sup>)

Siew/uprawa roli	Rok badań			Średnia
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	
Dwurzędowy po uprawie pasowej	25,2	23,6	28,9	25,9
Jednorzędowy po uprawie bezpłużnej	85,3	75,4	90,1	83,6
NIR; p=0,05	7,45	11,61	8,12	12,83

## Rachunek ekonomiczny

Wartość produkcji oraz nadwyżka bezpośrednia pszenicy ozimej wysiewanej pasowo w podwójnych rzędach była, wskutek większego plonu ziarna, o 640 zł ha<sup>-1</sup> większa niż pszenicy wysiewanej tradycyjnie rzędowo (tab. 10). Po uwzględnieniu kosztów paliwa i robocizny bezpośrednio ponoszonych na uprawę pszenicy zgodnie z przyjętą technologią, efekt ekonomiczny uprawy z zastosowaniem siewu dwurzędowego w pasy spulchnianej gleby z jednoczesną aplikacją nawozów był większy o 773 zł ha<sup>-1</sup> od efektu ekonomicznego uprawy pszenicy ozimej wysiewanej tradycyjnie rzędowo po wcześniej wykonanej bezługnej cało powierzchniowej uprawie roli.

Tabela 10. Efekt ekonomiczny (zł ha<sup>-1</sup>) zróżnicowany przez sposób siewu

Wyszczególnienie	Siew/uprawa roli	
	Dwurzędowy po uprawie pasowej	Jednorzędowy po uprawie bezługnej
<b>Wartość produkcji</b>	<b>7840</b>	<b>7200</b>
Koszty:		
Materiał siewny	413	413
Nawozy	1221	1221
Środki ochrony roślin	691	691
<b>Nadwyżka bezpośrednia</b>	<b>5515</b>	<b>4875</b>
Paliwo	69	178
Praca	11	35
<b>Efekt ekonomiczny</b>	<b>5435</b>	<b>4662</b>

## WNIOSKI

1. Skutki siewu wykonywanego po klasycznej, pługowej uprawie roli dla dalszego wzrostu, plonowania i jakości ziarna pszenicy ozimej nie zależały od jego sposobu, mimo stwierdzonego istotnego wpływu na pojedyncze cechy roślin w niektórych latach. Sposób siewu związany technologicznie z uproszczoną uprawą roli i aplikacją nawozów mineralnych wpłynął natomiast na równomierność obsady roślin, odżywienie roślin azotem, obsadę kłosów, plon ziarna oraz zawartość w nim białka i glutenu mokrego.
2. Gęstość siewu pszenicy ozimej w zakresie 200-500 ziaren m<sup>-2</sup>, oprócz obsady roślin, wpłynęła istotnie w okresie badań na elementy plonowania, plon oraz zawartość białka i glutenu w ziarnie. Reakcja roślin nie była jednak na ogół prostą zależnością pomiędzy zwiększaniem lub zmniejszaniem gęstości siewu a zmianą wielkości poszczególnych cech i nie ujawniała się w każdym roku. Ponadto niektóre z cech, np. plon ziarna, były kształtowane przez gęstość siewu współzależnie z jego sposobem.
3. Efektem siewu dwurzędowego, mimo występowania szerszych międzyrzędzi, w porównaniu z siewem jednorzędowym w analogicznych warunkach glebowych po pługowej uprawie roli była większa obsada kłosów w każdym roku badań, a zarazem brak negatywnego wpływu na pozostałe cechy biometryczne roślin.

4. Stosując dużą gęstość siewu pszenicy ozimej – 500 ziaren  $m^{-2}$  korzystniejszym dla plonu ziarna był tradycyjny siew rzędowy w rozstawie 10,3 cm. Natomiast w przypadku mniejszych gęstości siewu, tj. 200 ziaren  $m^{-2}$  i 350 ziaren  $m^{-2}$  ujawniła się tendencja większego plonu ziarna po siewie dwurzędowym z odległością rzędów w sąsiednich pasach siewnych wynoszącą 20,6 cm.
5. Niezależnie od sposobu siewu po płuźnej uprawie roli większej wartości fizycznych cech jakości ziarna, jak masa tysiąca ziaren, a także większej zawartości białka i glutenu w ziarnie oraz wskaźnikowi sedymentacji sprzyjały mniejsze gęstości siewu – 200 ziaren  $m^{-2}$  i 350 ziaren  $m^{-2}$ .
6. Siew dwurzędowy z pasową uprawą roli w porównaniu z siewem rzędowym po uprawie bezpłuźnej cało powierzchniowej spowodował zwiększenie obsady roślin pszenicy ozimej w latach z niedoborem opadów w okresie siewu i wschodów oraz poprawił jej równomierność w obrębie pola niezależnie od roku badań.
7. Rośliny występujące w zróżnicowanym przestrzennie łanie, w rzędach o rozstawie 12 cm i 24,4 cm charakteryzowały się większą obsadą kłosów, a w jednym roku także większą masą ziarna z kłosa niż rośliny wysiewane w rzędach o regularnej rozstawie co 14,3 cm.
8. W warunkach ograniczenia klasycznej płuźnej uprawy roli siew dwurzędowy w połączeniu z uprawą pasową okazał się elementem agrotechniki zwiększającym plon ziarna średnio w trzyletnim okresie o 8,9%. Największy przyrost plonu – 11,2% w stosunku do plonu pszenicy wysiewanej w pojedynczych rzędach po bezpłuźnej uprawie roli miał miejsce w roku z bezopadowym kwietniem i suchych czerwcu i lipcu – 3-krotnie mniejsza suma opadów niż przeciętnie w wieloleciu.
9. Efektem siewu dwurzędowego w pasy spulchnianej gleby z jednoczesną aplikacją nawozu azotowo-fosforowego była większa wartość wskaźnika zieloności liścia flagowego oraz większa zawartość białka i glutenu w ziarnie w porównaniu z roślinami występującymi z pojedynczych rzędach.
10. Zastosowanie siewu dwurzędowego jako elementu pasowej technologii uprawy pszenicy ozimej umożliwił ograniczenie nakładów czasu pracy i paliwa oraz poprawę efektu ekonomicznego o blisko 800 zł  $ha^{-1}$  w odniesieniu do siewu jednorzędowego po bezpłuźnej cało powierzchniowej uprawie roli.
11. Brak negatywnego wpływu siewu dwurzędowego na cechy biometryczne, elementy plonowania, plon i jakość ziarna pszenicy ozimej wysiewanej po klasycznej płuźnej uprawie roli, a jednocześnie większy plon ziarna o lepszej jakości uzyskany przy mniejszych nakładach w warunkach uproszczonej uprawy roli upoważnia do zalecania tego sposobu siewu jako elementu technologii uprawy pszenicy ozimej polegającej na jednoczesnym głębokim spulchnianiu pasów gleby, aplikacji nawozów i wysiewie ziarna.

## LITERATURA

Bibliografia obejmuje 235 pozycji, z tego w streszczeniu zacytowano:

Bhunja S.R., Verma I.M., Arif M., Gochar R., Sharma N.C., 2015. Effect of crop geometry, drip irrigation and bio-regulator on growth, yield and water use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int. J. Agr. Sci.* 11, 45-9.

Cook, R.J., Ownley, B.H., Zhang, H., Vakoč, D. 2000. Influence of paired-row spacing and fertilizer placement on yield and root diseases of direct-seeded wheat. *Crop Sci.* 40, 1079–1087.

Hussain I., Khan M.A., Ahmad K., 2003. Effect of row spacing on the grain yield and the yield component of wheat (*Triticum aestivum*L.). *Pakistan J. Agro.* 2(3),153-159.



- Markowski P., Rawa T., 2013. Wpływ wybranych parametrów siewu na kształtowanie przestrzeni życiowej roślin pszenicy. *Inżynieria Rolnicza*, Z3(146), 263-273.
- Korbas M., Mrówczyński M., (red.) 2014. *Metodyka integrowanej produkcji pszenicy ozimej i jarej*. Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa, 90.
- Krężel, R.,P. Sobkowicz 1996. The effect of sowing rates and methods on winter triticale grown on light soil. *Roczniki Nauk Rolniczych. Seria A Produkcja Roślinna*, 111 (3/4), 69-78.
- Lindsey, L. E., Lentz, E., & Baik, B. K., 2016. Row width influences wheat yield, but has little effect on wheat quality. *Crop, Forage and Turfgrass Management*, 2.
- Lipiński A. J., 2006. *Studia nad procesem rozpraszania nasion zbóż siewnikami mechanicznymi*. *Inżynieria rolnicza* nr 1(76). ISSN 1429-7264.
- Pandey B.P., Basnet K.B., Bhatta M.R., Sah S.K., Thapa T.B., Kande T.P., 2013. Effect of row spacing and direction of sowing on yield and yield attributing characters of wheat cultivated in Western Chitwan, Nepal. *Agricultural Sciences*. 4(7), 309-316.
- Roszkowski A., Kogut Z. 2001. *Technika rolnicza XXI wieku. Część VII. Siew nasion*. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej*. Nr 11. 2-5.
- Schillinger W.F., Wuest S.B., 2014. Wide row spacing for deep- furrow planting of winter wheat. *Field Crops Res.* 168, 57-64.
- Scott B.J., Podmore C.M., Burns H.M., Bowden P.I., McMaster C.L., 2013. Developments in stubble retention in cropping systems in southern Australia. Report to GRDC on Project DAN 00170. In: C Nicholls and EC (Ted) Wolfe (eds.). Department of Primary Industries, Orange NSW, 103.
- Senger M., Zagonel J., Ferreira C., de Souza A.C., Zardo-Filho R., 2015. Influence of wheat populations arrangement on growth characteristics and grain yield. *African J. Agri. Res.*, 10(53), 4937-4944.
- Thorsted M. D., Olesen J. E., Weiner J., 2006. Mechanical control of clover improves nitrogen supply and growth of wheat in winter wheat white clover intercropping. *Euro. J. Agron.*, 24, 2, 149-155.