

JAN BUCZEK¹, DOROTA GAWĘDA², BEATA MICHALSKA-KLIMCZAK³

Ocena produktywności i zachwaszczenia wybranych genotypów pszenicy ozimej w systemach uprawy roli

Evaluation of productivity and weed infestation of selected winter wheat genotypes
in tillage systems

Abstrakt. Celem badań było porównanie plonu, parametrów wzrostu i wymiany gazowej oraz zachwaszczenia zróżnicowanych genotypowo ozimych odmian pszenicy uprawianych w trzech systemach uprawy roli. Uprawa płuzna i uproszczona w porównaniu do siewu bezpośredniego powodowała wzrost plonu ziarna, wskaźnika powierzchni liści (LAI), wartości przewodnictwa szparkowego (Gs) oraz zmniejszenie kąta nachylenia liści (MTA). Odmiana Hyfi odznaczała się lepszymi parametrami LAI, zawartością chlorofilu (SPAD) i Gs oraz zbliżonym poziomem plonowania w uprawie płuznej i uproszczonej. Siew bezpośredni skutkowało obniżeniem LAI, SPAD i Gs oraz najniższym plonem ziarna u odmian Hondia i Mewa. Systemy uprawy roli nie różnicowały intensywności transpiracji (E), a uprawa płuzna sprzyjała wyższej intensywności fotosyntezy (Pn) u wszystkich odmian. Wyższe parametry zachwaszczenia stwierdzono w przypadku siewu bezpośredniego, niższe w uprawie uproszczonej, a najniższe w uprawie płuznej. Odmiana Hyfi była bardziej konkurencyjna dla dominujących gatunków chwastów *Galium aparine*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cirsium arvense* i *Veronica persica* niż Mewa i Hondia. Zmienne warunki hydrotermalne w latach badań wpływały na zmiany ilościowe parametrów zachwaszczenia, nie różnicując składu gatunkowego chwastów.

Słowa kluczowe: uprawa roli, plon, parametry wzrostu, zachwaszczenie łanu, odmiana, pszenica ozima

WSTĘP

Produkcyjność pszenicy ozimej uzależniona jest głównie od wymagań glebowo-klimatycznych, genotypu odmiany, a także zabiegów agrotechnicznych, spośród których ważną rolę odgrywa uprawa roli realizowana w systemach uprawy płuznej i bezpłuznej [Anjum i in. 2021]. Uprawa płuzna związana jest zwykle z większą intensywnością zabiegów, a przy tym z wyższymi kosztami oraz dużą ingerencją w zmiany właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby [Gawęda i Haliniarz 2021]. Systemy uprawy

1 Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, Polska, <https://orcid.org/0000-0002-9760-3603>; autor korespondencyjny: jbuczek@ur.edu.pl

2 Katedra Herbologii i Techniki Uprawy Roślin, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, Polska, <https://orcid.org/0000-0001-7252-4725>

3 Katedra Agronomii, Wydział Rolnictwa i Ekologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, Polska, <https://orcid.org/0000-0003-4992-4477>



bezpłужnej zmniejszają zużycie energii i emisję dwutlenku węgla, a resztki poźniwne pozostawione na glebie zwiększają retencję wody co ma znaczenie w latach suchych [Jaskulski i in. 2023]. Jednak wysoki udział resztek poźniwnych po zbiorze późnych przedplonów na powierzchni gleby może utrudniać zastosowanie zwłaszcza siewu bezpośredniego, dlatego istotnym jest ich dokładne rozdrobnienie, a w przypadku uprawy uproszczonej staranne wymieszanie z glebą [Sip i in. 2013]. Obecnie odpowiedni poziom plonowania oraz jakość ziarna pszenicy można uzyskać w systemie uprawy płужnej, jak również w systemach uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego [De Vita i in. 2007, Gandia i in. 2021]. Wzrost plonów ziarna pszenicy w uprawie uproszczonej oraz siewie bezpośrednim w porównaniu do uprawy płужnej stwierdzono w warunkach niedoborów opadów [Cantero-Martinez i in. 2007, Chouter i in. 2024]. Systemy bezorkowe z udziałem mulczowanych resztek poźniwnych sprzyjały poprawie magazynowania wilgoci w górnych warstwach gleby, co zwiększało efektywność wykorzystania wody [Huang i in. 2012].

Systemy uprawy roli wpływają także na stan i skład gatunkowy chwastów i ich rozmieszczenie zarówno w łanie rośliny, jak i w glebie [Woźniak i Soroka 2018]. W uprawie płужnej można zaobserwować większą różnorodność chwastów niż w systemie bezorkowym, ponieważ nasiona chwastów są rozprowadzane w całej warstwie ornej gleby i kiełkują w różnych porach sezonu wegetacyjnego [Sans i in. 2011, Prado i in. 2019]. Uproszczenia w uprawie roli i siew bezpośredni prowadzą do gromadzenia wielu gatunków chwastów o drobnych nasionach w wierzchniej warstwie gleby oraz dominacji gatunków wieloletnich [Feledyn-Szewczyk i in. 2020, Gandia i in. 2021]. Systemy uprawy roli w interakcji z genotypem odmiany mogą modyfikować intensywność zachwaszczenia, a tym samym wpływać na parametry fizjologiczne oraz jakość i poziom plonowania [Lotfi i in. 2023, Różewicz i in. 2024]. Zróżnicowana reakcja odmian może być związana z uprawą samej gleby i jej wpływem na rozwój systemu korzeniowego lub szybszym tempem wzrostu tych odmian i ich lepszą genetyczną odpornością na stresowe warunki środowiskowe i agronomiczne [Milan i in. 2020, Anjum i in. 2021].

Celem badań była ocena wpływu systemów uprawy bezorkowej w stosunku do uprawy płужnej na plon, parametry wzrostu i wymiany gazowej oraz zachwaszczenie wybranych genotypów pszenicy na tle warunków hydrotermicznych. W hipotezie założono, że wpływ czynnika genetycznego odmian na produktywność i poziom zachwaszczenia pszenicy jest nie mniejszy niż wpływ systemów uprawy roli.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2017–2020 na polach Podkarpackiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Boguchwale, województwo podkarpackie (49°59'N, 21°56'E). Dwuczynnikowy eksperyment założono w trzech powtórzeniach, w układzie bloków losowych, a powierzchnia poletka wynosiła 18 m².

Badanymi czynnikami były:

I. Systemy uprawy roli (CS): uprawa płужna (talerzowanie – 12 cm i orka przedsiewna – 20 cm), uprawa uproszczona (talerzowanie – 15 cm i kultywator ścierniskowy – 20 cm) i siew bezpośredni (siew w ściernisko siewnikiem z redlicami dwutarczowymi),

II. Odmiany pszenicy ozimej (C): Hondia (odmiana populacyjna, bezostna) – hodowca: Danko Hodowla Roślin sp. z o.o., Hyfi (odmiana hybrydowa, bezostna) – hodowca: Nordsaat Saatzucht GmbH Saatzucht Langenstein i Mewa (odmiana populacyjna, oścista) – hodowca: Danko Hodowla Roślin sp. z o.o.

Doświadczenie zlokalizowano na kompleksie pszennym dobrym, II klasy bonitacyjnej o uziarnieniu gleby płowej wytworzonej z lessu. Gleba odznaczała się zawartością próchnicy na poziomie 12,0 g·kg⁻¹ i odczynem obojętnym (pH w KCl = 6,8). Średnia w latach badań zasobność gleby w przyswajalny fosfor (176,2 mg P₂O₅·kg⁻¹) i potas (225,9 mg K₂O·kg⁻¹) była wysoka, a w magnez (67,6 mg MgO·kg⁻¹) bardzo wysoka. Przedplonem pszenicy była soja, którą uprawiano również w trzech badanych systemach uprawy

roli. Pszenicę wysiewano w drugiej dekadzie października, w ilości 300 nasion na 1 m² (odmiana populacyjna) i 180 nasion na 1 m² (odmiana hybrydowa). Nawożenie fosforowo-potasowe przeprowadzono jesienią w dawkach 100 kg·ha⁻¹ (superfosfat potrójny, 46%) i 130 kg·ha⁻¹ (sól potasowa, 60%). Nawożenie azotem (saletra amonowa, 34%) wynosiło 160 kg N·ha⁻¹ w dawce dzielonej: 60 kg N·ha⁻¹ na wiosnę (po ruszeniu wegetacji) oraz 60 kg N·ha⁻¹ i 40 kg N·ha⁻¹ w fazach strzelania w źdźbło i kłoszenia. Nawożenie mineralne oraz środki ochrony roślin stosowano w pszenicy zgodnie z rekomendacjami IOR-PIB w Poznaniu z lat 2017–2020, według skali BBCH (tabela 1).

Tabela 1. Nawożenie azotem oraz środki ochrony roślin w latach 2017–2020

Wyszczególnienie	Dawka (faza rozwojowa)
Azot (N)	160 kg N·ha ⁻¹ (60 kg·ha ⁻¹ – BBCH 32–33; 60 kg·ha ⁻¹ – BBCH 32–33; 40 kg·ha ⁻¹ – BBCH 32–33)
Herbicydy	Maraton 375 SC (pendimetalina + izoproturon) – 4,0 dm ³ ·ha ⁻¹ (BBCH 23–24); Huzar Activ 387 OD (jodasulfuron metylosodowy + 2,4-D) – 1,0 dm ³ ·ha ⁻¹ (BBCH 30–32)
Fungicydy	Soligor 425 EC (protriokonazol + spiroksamina + tebukonazol) – 1,0 dm ³ ·ha ⁻¹ (BBCH 32–33); Artea 330 EC (propikonazol + cyprokonazol) – 0,5 dm ³ ·ha ⁻¹ (BBCH 54–56)
Insektycyd	Karate Zeon 100 CS (lambda-cyhalotryna) – 0,4 dm ³ ·ha ⁻¹ (BBCH 54–56)
Regulator wzrostu	Moddus 250 EC (trineksapak etylu) – 0,4 dm ³ ·ha ⁻¹ (BBCH 31)
Nawóz dolistny	Plonvit Z – 2 × 1,0 dm ³ ·ha ⁻¹ (BBCH 32–33, BBCH 38–39)

Tabela 2. Przebieg warunków pogodowych w latach badań

Miesiąc	2017/2018	2018/2019	2019/2020	1980–2015
sumy opadów (mm)				
Październik	60,8	82,1	72,5	63,7
Listopad	26,2	73,1	63,5	45,4
Grudzień	51,5	79,0	95,3	36,5
Styczeń	34,6	15,6	20,1	24,6
Luty	47,0	12,9	14,2	21,0
Marzec	33,8	16,4	22,3	16,5
Kwiecień	31,7	22,1	17,5	27,9
Maj	149,5	152,0	58,9	45,6
Czerwiec	177,3	118,3	83,9	70,0
Lipiec	29,0	22,1	57,3	79,5
Suma	641,4	593,6	505,5	430,7
średnie temperatury powietrza (°C)				
Październik	10,1	9,2	13,2	12,0
Listopad	6,1	7,8	7,4	8,8
Grudzień	3,6	4,7	4,2	3,6
Styczeń	1,0	2,8	3,5	1,6
Luty	-1,5	-1,3	-0,3	0,9
Marzec	-0,5	1,1	-1,0	0,3
Kwiecień	1,7	3,1	4,2	2,1
Maj	4,8	7,1	9,5	7,3
Czerwiec	7,3	10,4	12,8	13,5
Lipiec	17,4	14,7	17,5	15,1
Średnia	6,5	6,8	9,0	6,5

Tabela 3. Współczynnik hydrotermiczny Sieliana (K)

Lata	Okres wegetacji wiosenno-letniej				Średnia
	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	
2017/2018	0,71	2,31	3,19	0,62	1,71
2018/2019	0,59	3,40	2,55	0,52	1,77
2019/2020	0,75	0,51	0,85	0,90	0,75
1980–2015	0,83	1,22	1,42	1,15	1,16

$K \leq 0,5$ – susza; $0,5 < K \leq 1,0$ – półsusza; $1,0 < K \leq 1,5$ – granica optymalnej wilgotności; $>1,5$ – nadmierna wilgotność

W okresie wegetacji określono parametry wzrostu: wskaźnik powierzchni liści (LAI) i kąt nachylenia liści (MTA) aparatem LAI 2000 LI-COR Inc., zawartość chlorofilu (SPAD) aparatem SPAD-502P Konica Minolta i wysokość roślin (przed zbiorem dwukrotnie na każdym poletku). Pomiary wymiany gazowej w liściu wykonano losowo na wybranych roślinach w dwóch powtórzeniach, mierząc parametry: intensywność fotosyntezy (P_n), intensywność transpiracji (E) i przewodnictwo szparkowe (G_s) aparatem Photosynthesis Measurement System LCpro-SD, ADC BioScientific Ltd. Ocenę zachwaszczenia wykonano w fazie dojrzałości woskowej (BBCH 83–84), metodą botaniczno-wagową na losowo wybranych powierzchniach o wymiarach $0,5 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$ na każdym poletku. Oznaczono liczbę i skład gatunkowy chwastów, oddzielnie dla gatunków krótkotrwałych i wieloletnich oraz powietrznie suchą masę, a wyniki przeliczono na 1 m^2 . Pszenicę zebrano kombajnem poletkowym w fazie pełnej dojrzałości ziarna (BBCH 89–92). Plon ziarna z poletek przeliczono na 1 ha przy wilgotności 15%. Uzyskane wyniki badań poddano analizie wariancji (ANOVA), a istotność różnic oszacowano testem Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Do obliczeń wykorzystano program statystyczny Statistica 13.1. W tabeli 2 przedstawiono sumę opadów i średnią miesięczną temperaturę powietrza w poszczególnych sezonach wegetacyjnych pszenicy. W odniesieniu do okresów wegetacji wiosenno-letniej warunki hydrotermalne [Skowera i in. 2014] dla uprawy pszenicy były suche w 2019/2020 r, a wilgotne w 2017/2018 i 2018/2019 r, zwłaszcza w maju i czerwcu (tabela 3).

WYNIKI BADAŃ

Plon ziarna istotnie zależał od systemu uprawy roli, odmiany i lat badań (tabela 4). Istotny wzrost plonu ziarna po zastosowaniu uprawy uproszczonej i płużnej w porównaniu z siewem bezpośrednim wynosił odpowiednio $0,36 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $0,59 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Najwyższy plon uzyskała odmiana hybrydowa Hyfi, niższy Mewa, a najniższy odmiana Hondia. Odmiana Hyfi odznaczała się najwyższym plonem we wszystkich systemach uprawy, a Mewa w uprawie płużnej i uproszczonej. Najniższy plon ziarna wykazano dla odmiany Hondia w uprawie uproszczonej oraz Hondia i Mewa w systemie siewu bezpośredniego (tabela 6). Plon ziarna był istotnie wyższy w sezonie 2019/2020 w porównaniu z pozostałymi sezonami. Siew bezpośredni skutkował niższym wskaźnikiem powierzchni liści (LAI) w porównaniu do uprawy płużnej i uproszczonej. Różnice w wartościach LAI między uprawą płużną i uproszczoną były nieistotne. Odmiana Hyfi uzyskała wyższe wartości LAI w porównaniu zwłaszcza z odmianą Hondia. Badane odmiany w systemie siewu bezpośredniego miały istotnie niższe wartości LAI. Najwyższe wartości LAI uzyskała odmiana Hyfi w uprawie płużnej i uproszczonej oraz Mewa w uprawie płużnej. Siew bezpośredni wpływał na obniżenie parametru LAI u odmian w zakresie od $4,01$ do $4,32 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$. Istotnie najwyższy wskaźnik LAI odnotowano w trzecim sezonie badań. Kąt nachylenia liści (MTA) był wyższy w systemie siewu bezpośredniego, a najniższy w uprawie uproszczonej. Istotnie najwyższą wartość MTA wykazano u odmian Hondia i Hyfi. W warunkach uprawy uproszczonej badane odmiany charakteryzowały się niższym MTA. Istotnie wyższym MTA odznaczała się odmiana Hondia w siewie bezpośrednim i uprawie płużnej oraz Hyfi

w uprawie płużnej. Parametr ten przyjął wyższe wartości w drugim i trzecim sezonie badań. Sposób uprawy roli różnicował wysokość roślin. Rośliny pszenicy były najwyższe w uprawie płużnej i siewie bezpośrednim, a najniższe w uprawie uproszczonej. Zdecydowanie wyższymi roślinami charakteryzowała się odmiana Hondia zwłaszcza w warunkach uprawy płużnej i siewu bezpośredniego. Najniższe rośliny wykształciła odmiana Mewa w uprawie uproszczonej. W latach badań zaobserwowano wyższe rośliny w sezonach 2017/2018 i 2018/2019.

Tabela 4. Plon ziarna oraz parametry wzrostu pszenicy (2017–2020)

Systemy uprawy (CS)	Odmiany (C)	Plon ziarna (t·ha ⁻¹)	Wskaźnik powierzchni liści – LAI (m ² ·m ⁻²)	Średni kąt nachylenia liści – MTA (°)	Wysokość roślin (cm)
Płużny	Hondia	7,47 ^c	4,94 ^b	59 ^b	98,7 ^a
	Hyfi	8,37 ^a	5,43 ^a	58 ^b	87,3 ^b
	Mewa	8,17 ^a	5,21 ^a	46 ^d	82,9 ^c
Uproszczony	Hondia	7,23 ^{cd}	4,79 ^b	51 ^c	88,5 ^b
	Hyfi	8,31 ^a	5,28 ^a	54 ^c	79,5 ^c
	Mewa	7,79 ^b	5,06 ^b	51 ^c	74,2 ^d
Siew bezpośredni	Hondia	7,18 ^{cd}	4,20 ^c	63 ^a	95,4 ^a
	Hyfi	7,94 ^b	4,32 ^c	56 ^{bc}	84,9 ^b
	Mewa	7,12 ^d	4,01 ^c	55 ^c	80,4 ^c
Płużny		8,00 ^A	5,20 ^A	54 ^B	89,6 ^A
Uproszczony		7,77 ^A	5,05 ^A	52 ^B	80,7 ^B
Siew bezpośredni		7,41 ^B	4,18 ^B	58 ^A	86,9 ^A
Odmiany (C)	Hondia	7,29 ^C	4,64 ^B	58 ^A	94,2 ^A
	Hyfi	8,20 ^A	5,01 ^A	56 ^A	83,9 ^B
	Mewa	7,69 ^B	4,76 ^{AB}	51 ^B	79,2 ^C
Lata (Y)	2017/2018	7,26 ^B	4,65 ^B	51 ^B	86,5 ^A
	2018/2019	7,62 ^B	4,80 ^{AB}	57 ^A	87,9 ^A
	2019/2020	8,30 ^A	4,97 ^A	56 ^A	82,9 ^B
Średnia		7,73	4,81	55	85,8

Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie.

a, b, c, d – dla interakcji systemy uprawy × odmiany; A, B, C – dla średnich dla czynników.

Najwyższe wartości SPAD stwierdzono w uprawie płużnej, niższe w uprawie uproszczonej, a istotnie najniższe w systemie siewu bezpośredniego (tabela 5). Odmiana Hondia wykazała najniższą wartość SPAD w porównaniu z odmianami Mewa i Hyfi, odpowiednio o 4,2% i 6,2%. Najwyższe wartości SPAD zaobserwowano u odmian Hyfi i Mewa w uprawie płużnej i uproszczonej. Najniższy SPAD uzyskano u odmian Hondia i Mewa w systemie siewu bezpośredniego. Sposób uprawy roli istotnie wpłynął na aktywność fotosyntetyczną roślin pszenicy (tabela 6). Najwyższą wartość fotosyntezy netto (Pn) stwierdzono w uprawie płużnej, a najniższą w przypadku siewu bezpośredniego. Istotnie najwyższą wartość tej cechy wykazano u odmiany Hyfi i Mewa. Uprawa płużna nie różnicowała wartości Pn badanych odmian. W warunkach siewu bezpośredniego i uprawy uproszczonej Hondia charakteryzowała się istotnie najniższymi wartościami Pn w porównaniu z pozostałymi odmianami. Intensywność transpiracji (E) nie zależała od systemu uprawy, natomiast czynnik odmianowy różnicował ten parametr. Najwyższą wartość tej cechy stwierdzono u odmian Hyfi w uprawie płużnej i siewie bezpośrednim oraz Hondia w siewie bezpośrednim. Uprawa uproszczona nie różnicowała intensywności transpiracji (E) u odmian, a najniższe

wartości Gs wykazano w siewie bezpośrednim u odmiany Mewa. Wzrost wartości przewodnictwa szparkowego (Gs) w uprawie płużnej i uproszczonej w porównaniu z siewem bezpośrednim mieścił się w zakresie od 0,025 mol (H₂O) m⁻²·s⁻¹ do 0,087 mol (H₂O) m⁻²·s⁻¹. Odmiana Hyfi wykazała istotnie wyższą wartość Gs w porównaniu z odmianami Hondia i Mewa, dla których nie stwierdzono istotnych różnic. Najniższe wartości Gs uzyskano dla odmian w siewie bezpośrednim, a najwyższe w uprawie płużnej i uproszczonej dla odmiany Hyfi. Spośród analizowanych lat badań najwyższe wartości SPAD oraz wskaźników wymiany gazowej odnotowano w sezonie 2019/2020, a najniższe w sezonie 2017/2018. Zdecydowanie najniższą intensywność transpiracji (E) stwierdzono w 2017/2018. Wartości SPAD i Pn nie różniły się istotnie w sezonach 2017/2018 i 2018/2019, a wskaźnika E w 2018/2019 i 2019/2020.

Tabela 5. Zawartość chlorofilu i wskaźniki wymiany gazowej w liściu pszenicy (2017–2020)

Systemy uprawy (CS)	Odmiany (C)	Zawartość chlorofilu (SPAD)	Intensywność fotosyntezy (mmol (CO ₂) m ⁻² ·s ⁻¹)	Intensywność transpiracji (mmol (H ₂ O) m ⁻² ·s ⁻¹)	Przewodnictwo szparkowe (mol (H ₂ O) m ⁻² ·s ⁻¹)
Płużny	Hondia	36,5 ^b	14,1 ^a	2,94 ^b	0,409 ^{ab}
	Hyfi	39,9 ^a	14,8 ^a	3,26 ^a	0,428 ^a
	Mewa	37,6 ^a	14,7 ^a	3,07 ^b	0,406 ^b
Uproszczony	Hondia	34,6 ^c	12,7 ^c	2,74 ^b	0,365 ^c
	Hyfi	36,3 ^a	13,8 ^b	2,96 ^b	0,413 ^a
	Mewa	37,7 ^a	14,2 ^a	2,99 ^b	0,391 ^c
Siew bezpośredni	Hondia	32,7 ^c	13,0 ^b	3,32 ^a	0,305 ^d
	Hyfi	34,6b ^c	14,1 ^a	3,23 ^a	0,317 ^d
	Mewa	33,0 ^c	13,2 ^b	2,33 ^c	0,286 ^d
Płużny		38,0 ^A	14,5 ^A	3,09 ^A	0,415 ^A
Uproszczony		36,2 ^B	13,5 ^B	2,90 ^A	0,390 ^A
Siew bezpośredni		33,4 ^C	13,4 ^B	2,96 ^A	0,303 ^B
Odmiany (C)	Hondia	34,6 ^B	13,2 ^B	3,00 ^A	0,360 ^B
	Hyfi	36,9 ^A	14,2 ^A	3,15 ^A	0,386 ^A
	Mewa	36,1 ^A	14,0 ^A	2,80 ^B	0,361 ^B
Lata (Y)	2017/2018	33,9 ^B	13,1 ^B	2,75 ^B	0,353 ^B
	2018/2019	34,1 ^B	13,8 ^B	3,08 ^A	0,368 ^{AB}
	2019/2020	39,6 ^A	14,5 ^A	3,13 ^A	0,386 ^A
Średnia		35,9	13,8	2,98	0,369

Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie.

a, b, c, d – dla interakcji systemy uprawy × odmiany; A, B, C – dla średnich dla czynników.

Większą liczbę chwastów, w zakresie od 12,5 szt.·m⁻² do 31,4 szt.·m⁻² stwierdzono w uprawie uproszczonej i siewie bezpośrednim niż uprawie płużnej. Również powietrznie sucha masa chwastów była istotnie wyższa na obiekcie, gdzie stosowano siew bezpośredni w porównaniu z uprawą płużną. Nie wykazano jednak różnic dla tej cechy w przypadku uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego. Odmiana Hyfi w porównaniu z odmianami Hondia i Mewa charakteryzowała się wyższymi wartościami LAI, co wpływało na szybsze zwarcie ładu odmiany Hyfi i ograniczało jej zachwaszczenie (tabela 7).

Zachwaszczeniu bardziej ulegały odmiany Hondia i Mewa zwłaszcza w uprawie uproszczonej i siewie bezpośrednim. Odmiana Hyfi charakteryzowała się niższym zachwaszczeniem w uprawie płużnej, a parametry zachwaszczenia tej odmiany były do siebie zbliżone w uprawie uproszczonej i siewie bezpośrednim (tabela 6). Różnice w liczbie i masie chwastów występowały również między latami badań. Najwięcej chwastów stwierdzono w sezonie 2017/2018, kiedy odnotowano większą liczbę i masę chwastów w odniesieniu do sezonów 2018/2019 i 2019/2020.

Tabela 6. Wpływ systemów uprawy (CS), odmian (C) i lat badań (Y) – efekty główne i interakcje czynników

Wyszczególnienie	CS	C	Y	CS × C	CS × Y	C × Y	CS × C × Y
Plon ziarna	***	***	***	**	*	*	ns
Wskaźnik powierzchni liści	***	*	*	**	*	**	**
Średni kąt nachylenia liści	*	**	*	*	*	**	*
Wysokość roślin	**	***	**	**	**	**	**
Zawartość chlorofilu	***	***	***	**	*	ns	ns
Intensywność fotosyntezy	**	*	**	**	ns	ns	ns
Intensywność transpiracji	**	**	*	*	*	ns	ns
Przewodnictwo szparkowe	*	*	*	**	ns	ns	ns
Liczba chwastów	***	***	**	**	*	**	*
Powietrznie sucha masa chwastów	***	**	**	**	*	*	*

* < 0,05, ** < 0,01, *** < 0,001; ns – nieistotny.

Tabela 7. Zachwaszczenie w łanie pszenicy (2017–2020)

Systemy uprawy (CS)	Odmiany (C)	Liczba chwastów (pcs·m ⁻²)	Powietrznie sucha masa chwastów (g·m ⁻²)
Płużny	Hondia	29,7 ^b	17,5 ^b
	Hyfi	14,2 ^c	8,5 ^c
	Mewa	18,3 ^c	14,3 ^b
Uproszczony	Hondia	55,3 ^a	30,6 ^a
	Hyfi	27,1 ^b	15,3 ^b
	Mewa	36,5 ^b	27,3 ^a
Siew bezpośredni	Hondia	65,3 ^a	35,6 ^a
	Hyfi	32,0 ^b	18,9 ^b
	Mewa	59,1 ^a	29,6 ^a
Płużny		20,7 ^c	13,4 ^B
Uproszczony		39,6 ^B	24,4 ^A
Siew bezpośredni		52,1 ^A	28,0 ^A
	Hondia	50,1 ^A	27,9 ^A
	Hyfi	24,4 ^C	14,2 ^B
	Mewa	38,0 ^B	23,7 ^A
Lata (Y)	2017/2018	48,4 ^A	32,1 ^A
	2018/2019	41,1 ^A	20,5 ^B
	2019/2020	23,0 ^B	13,5 ^C
Średnia		37,5	22,0

Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie.

a, b, c, d – dla interakcji systemu uprawy × odmiany; A, B, C – dla średnich dla czynników.

Skład gatunkowy chwastów zależał od systemu uprawy roli, odmiany oraz roku badań (tabela 8). W trakcie badań zidentyfikowano 19 gatunków chwastów, z tego 13 jednorocznych i 6 wieloletnich. W warunkach siewu bezpośredniego stwierdzono 19, a w uprawie uproszczonej i płużnej 16 i 13 gatunków chwastów. Najliczniej występowały gatunki krótkotrwałe: *Gallium aparine*, *Veronica persica*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media* oraz wieloletnie: *Cirsium arvense* i *Convolvulus arvensis*. Ponadto w uprawie uproszczonej i siewie bezpośrednim wystąpiło większe zagęszczenie *Viola arvensis* i *Lamium amplexicaule*, a dodatkowo w siewie bezpośrednim *Apera spica-venti*, *Sonchus arvensis* i *Equisetum arvense*. W porównaniu z odmianami Hondia i Mewa w zbiorowisku chwastów odmiany Hyfi nie wystąpiły *Avena fatua*, *Galinsoga parviflora*, *Polygonum aviculare* i *Elymus repens*.

Tabela 8. Skład gatunkowy i liczba (szt.·m⁻²) chwastów w pszenicy (2017–2020)

Skład gatunkowy	Systemy uprawy			Odmiany			Lata		
	płużny	uproszczony	siew bezpośredni	Hondia	Hyfi	Mewa	2017/2018	2018/2019	2019/2020
<i>Gallium aparine</i> Przytulia czepna	4,1	5,8	7,2	6,8	4,4	5,8	7,1	5,7	4,4
<i>Veronica persica</i> Przetacznik perski	2,2	3,7	4,7	5,2	2,4	2,8	5,1	3,5	2,0
<i>Capsella bursa-pastoris</i> Tasznik pospolity	2,5	4,2	4,8	4,9	4,3	2,3	4,0	4,5	2,8
<i>Stellaria media</i> Gwiazdnica pospolita	3,3	4,5	5,3	4,5	3,8	4,9	5,5	4,5	3,2
<i>Cirsium arvense</i> Ostrożeń polny	1,7	4,8	3,9	4,3	2,5	3,8	4,8	3,8	1,8
<i>Convolvulus arvensis</i> Powój polny	1,2	2,9	2,0	4,1	0,1	1,9	3,5	1,5	1,0
<i>Viola arvensis</i> Fiołek polny	0,3	2,8	3,2	3,8	0,5	2,0	2,6	2,3	1,5
<i>Lamium amplexicaule</i> Jasnota różowa	1,8	2,4	2,9	3,5	1,3	2,5	3,8	2,2	1,3
<i>Avena fatua</i> Owies głuchy	0,5	1,8	0,9	2,8	–	0,5	0,5	2,3	0,5
<i>Fallopia convolvulus</i> Rdest powojowy	0,5	1,1	1,8	2,4	0,1	0,9	1,2	1,6	0,6
<i>Apera spica-venti</i> Miotła zbożowa	1,7	–	4,2	2,3	1,1	2,5	4,2	1,7	–
<i>Papaver rhoeas</i> Mak polny	–	0,5	1,5	0,9	0,9	0,2	1,1	0,7	0,4
<i>Galinsoga parviflora</i> Żótlca drobnokwiatowa	–	0,8	0,4	0,8	–	0,4	0,1	0,6	0,5
<i>Thlaspi arvense</i> Tobołki polne	0,8	1,0	0,4	0,5	0,5	1,0	1,1	0,8	0,3
<i>Polygonum aviculare</i> Rdest ptasi	–	–	1,3	0,8	–	0,5	0,4	0,9	–
<i>Sonchus arvensis</i> Mlecz polny	–	1,4	2,5	0,9	1,0	2,0	0,7	1,5	1,6
<i>Equisetum arvense</i> Skrzyp polny	0,1	0,7	2,2	0,8	0,7	1,5	0,4	1,7	0,8
<i>Taraxacum officinale</i> Mniszek pospolity	–	1,2	1,9	0,5	0,8	1,9	1,8	1,0	0,3
<i>Elymus repens</i> Perz właściwy	–	–	1,0	0,3	–	0,6	0,5	0,3	–
Liczba gatunków Number of species	13	16	19	19	15	19	19	19	16

Tabela 9. Dominujące gatunki chwastów (szt.·m⁻²) w pszenicy w zależności od systemu uprawy i odmiany (2017–2020)

Gatunki	Płużny			Uproszczony			Siew bezpośredni		
	Hondia	Hyfi	Mewa	Hondia	Hyfi	Mewa	Hondia	Hyfi	Mewa
<i>Galium aparine</i> Przytulia czepna	4,2	2,5	5,7	9,5	3,5	4,3	6,8	7,2	7,5
<i>Veronica persica</i> Przetacznik perski	3,9	0,6	2,0	6,1	1,8	3,1	5,7	4,9	3,4
<i>Capsella bursa-pastoris</i> Tasznik pospolity	3,7	1,9	2,0	5,0	5,1	2,5	5,9	6,0	2,5
<i>Stellaria media</i> Gwiazdnica pospolita	3,5	3,9	2,5	5,5	4,7	3,4	4,4	2,7	8,7
<i>Cirsium arvense</i> Ostrożeń polny	2,5	0,9	1,9	5,7	3,5	5,3	4,6	3,1	4,1
<i>Convolvulus arvensis</i> Powój polny	1,7	0,1	1,5	4,7	0,1	4,0	5,8	0,1	0,1
<i>Viola arvensis</i> Fiołek polny	0,6	0,1	0,3	4,2	1,0	3,3	6,5	0,5	2,5
<i>Lamium amplexicaule</i> Jasnota różowa	2,6	0,9	1,0	3,5	2,0	1,7	4,3	0,5	4,7
Liczba chwastów Number of weeds	22,7	10,9	16,9	44,2	21,7	27,6	44,0	25,0	33,5

W porównaniu z siewem bezpośrednim w uprawie płużnej odmiany Hyfi liczba dominujących gatunków *Galium aparine*, *Capsella bursa-pastoris* i *Cirsium arvense* była około trzykrotnie, a *Veronica persica* ponad ośmiokrotnie niższa (tabela 9). Stopień zachwaszczenia odmian pszenicy *Cirsium arvense* był zbliżony w uprawie płużnej i siewie bezpośrednim, a niższy w uprawie uproszczonej. Większe zagęszczenie *Viola arvensis* i *Lamium amplexicaule* w uprawach bezpłużnych wystąpiło w odmianach Hondia i Mewa. Natomiast *Convolvulus arvensis* odznaczał się znacznie mniejszym występowaniem w warunkach siewu bezpośredniego w odmianie Mewa. Skład gatunkowy chwastów w latach badań nie różnił się zasadniczo, przy czym w pierwszym i drugim sezonie zanotowano 19 gatunków, a w trzecim 16 gatunków chwastów i brak występowania *Apera spica-venti*, *Polygonum aviculare* i *Elymus repens*.

DYSKUSJA

Niektóre badania wielokrotnie wykazały, że plony ziarna pszenicy form jarych i ozimych są często niższe w systemach bezorkowych w porównaniu z uprawą płużną [Sip i in. 2013, Woźniak i Rachoń 2020, Gandia i in. 2021]. Według Amato i in. [2013] decyduje o tym mniejsza dostępność azotu dla roślin, ponieważ wymagania nawozowe pszenicy dotyczące azotu są wyższe w systemach bezorkowych niż w systemie płużnym. Prowadzone badania wykazały wzrost plonu ziarna w uprawie uproszczonej i płużnej w porównaniu z siewem bezpośrednim w zakresie od 4,6% do 7,4%, a brak różnic w uprawie płużnej i uproszczonej. Znaczenie sposobów uprawy roli w kształtowaniu plonów pszenicy może wynikać z interakcji z genotypem odmiany i jego wpływem na wartości takich wskaźników ładu, jak LAI i SPAD [Weber 2011]. W badaniach własnych odmiana Hyfi w odniesieniu do pozostałych odmian odznaczała się lepszymi parametrami LAI i SPAD oraz zbliżonym poziomem plonowania w uprawie płużnej i uproszczonej niż w warunkach siewu bezpośredniego. Lepiarczyk i in. [2005] wykazali w uprawie płużnej, w porównaniu z uprawą uproszczonej, korzystniejszy rozwój aparatu asymilacyjnego LAI w fazie kłoszenia pszenicy, co

bezpośrednio przekładało się na wyższe plonowanie tego gatunku. Kulig i in. [2010] nie stwierdzili istotnej korelacji między wartościami SPAD a plonem ziarna pszenicy, jednak w latach badań prowadzonych przez Autorów uzyskano wyższe wartości wskaźnika SPAD w systemie płużnym w porównaniu z systemem uproszczonym. Według Schiller i in. [2017] pszenica w uprawie płużnej wykształciła wyższe rośliny niż w systemie siewu bezpośredniego. W badaniach własnych zarówno uprawa płużna, jak i siew bezpośredni sprzyjały wyższym roślinom o wzrastającym poziomie wskaźnika MTA, szczególnie w przypadku odmiany Hondia. Większy kąt nachylenia liści (MTA) pszenicy zwiększa ich ekspozycję na światło, co może poprawić wykorzystanie energii świetlnej i ma kluczowe znaczenie dla fotosyntezy [Zang i in. 2023]. Dlatego przy prognozowaniu plonu ziarna różnych odmian pszenicy w sezonach wegetacyjnych o zróżnicowanej ilości opadów konieczne jest uwzględnienie zmiennych parametrów fotosyntezy [Zang i in. 2010]. Uprawa płużna sprzyjała bardziej efektywnej wymianie gazowej, o czym świadczą wyższe wartości fotosyntezy netto (P_n) i przewodnictwa szparkowego (G_s). Intensywność transpiracji (E) nie zależała od systemu uprawy. Wyższą intensywność fotosyntezy (P_n) u odmian w uprawie płużnej można powiązać z lepszym napowietrzeniem gleby, co wpływa na mineralizację materii organicznej i korzystniejszą dostępność azotu [Noor i in. 2023, Rózewicz i in. 2024]. Natomiast niższe wartości P_n i G_s u analizowanych odmian, głównie w siewie bezpośrednim, mogą być skutkiem niedoboru azotu, ograniczającego rozwój pszenicy oraz efektywność fotosyntezy [Jia i in. 2015]. Uproszczenia w uprawie roli sprzyjają rozwojowi chwastów odpornych, ponieważ resztki poźniwe i nasiona chwastów pozostają na powierzchni gleby. Brak odwracania gleby sprawia, że nasiona chwastów znajdują idealne warunki do wschodów, co zwiększa presję na stosowanie herbicydów i przyspiesza selekcję biotypów odpornych [Feledyn-Szewczyk i in. 2020, Gandia i in. 2021]. W prowadzonych badaniach wyższe zachwaszczenie odmian pszenicy notowano w uprawach bezpłużnych, a szczególnie w warunkach siewu bezpośredniego [Woźniak i Soroka 2018]. Brak mieszania gleby po wykonaniu siewu bezpośredniego, przyczynia się do wzrostu ilości nasion chwastów w wierzchniej warstwie gleby, a spulchnianie roli w uprawie uproszczonej pobudza ich kiełkowanie [Weber i Hryńczuk 2005]. Niektóre badania wskazują jednak na większą liczbę chwastów w systemie płużnym [Bilalis i in. 2001] lub uproszczonym [Feledyn-Szewczyk i in. 2020] niż w systemie bezorkowym.

Zgodnie z oczekiwaniami w warunkach siewu bezpośredniego dominowały gatunki *Galium aparine*, *Veronica persica*, *Capsella bursa-pastoris* i *Lamium amplexicaule*, ponieważ mają małe lub średnie nasiona, które kiełkują na powierzchni gleby [Sans i in. 2011]. W uprawie płużnej w zbiorowisku chwastów występowały w mniejszym nasileniu gatunki wieloletnie *Cirsium arvense* i *Convolvulus arvensis* oraz nie obserwowano *Sonchus arvensis*. Według Gandia i in. [2021] dynamika chwastów dominujących na polu może się zmieniać w zależności od systemu uprawy, co szczególnie jest widoczne na obszarach suchych lub o niskich i nieregularnych opadach w okresie wegetacji. Wu i in. [2021] podają, że najbardziej konkurencyjne w stosunku do chwastów odmiany pszenicy to te, które posiadają dobrze rozwinięty system korzeniowy, większą powierzchnię liści, rosną najszybciej we wczesnej fazie wzrostu, nawet jeśli nie są najwyższe w fazie dojrzałości. Odmiana hybrydowa Hyfi, pomimo mniejszej ilości wysiewu intensywniej wchodziła w fazę krzewienia i w większym stopniu ograniczała ilość i masę chwastów niż pozostałe odmiany. Badania Milan i in. [2020] dowiodły, iż mimo bardziej zróżnicowanego poziomu zachwaszczenia i niższej normy siewu odmiana hybrydowa uzyskała podobny plon ziarna do odmiany populacyjnej nawet w latach opóźnionych siewów lub w warunkach suchej pogody. W badaniach własnych korzystniejszy plon ziarna oraz niższe parametry zachwaszczenia odmian pszenicy obserwowano w sezonie 2019/2020, kiedy niższa wilgotność gleby powodowała mniejszą konkurencję chwastów, co wpływało na wyższą stabilność plonowania pszenicy. Zdaniem De Vita i in. [2007] istnieje ścisła korelacja ujemna pomiędzy plonem ziarna pszenicy a sumą opadów w sezonie wegetacyjnym. Według Aula i in. [2023] w systemach uprawy roli czynniki środowiskowe, takie jak opady i temperatura w całym sezonie wegetacyjnym, mogą mieć większy wpływ na plony ziarna i zachwaszczenie pszenicy niż uprawa roli.

PODSUMOWANIE

Systemy uprawy płużnej i uproszczonej w porównaniu z siewem bezpośrednim powodowały istotny wzrost plonu ziarna, przy czym poziom plonowania w uprawie płużnej i uproszczonej był podobny. Odmiana Hyfi uzyskała korzystny plon ziarna we wszystkich systemach uprawy, a Mewa w uprawie płużnej i uproszczonej. Zastosowanie uprawy płużnej skutkowało zwiększeniem parametrów wzrostu LAI, SPAD i wyższymi wskaźnikami wymiany gazowej Pn i Gs, a jednocześnie zmniejszeniem kąta nachylenia liści (MTA). Odmiany Hondia i Mewa uzyskały najniższy plon ziarna, głównie w siewie bezpośrednim, gdzie wykazano obniżenie wartości LAI i SPAD oraz przewodnictwa szparkowego (Gs). Nie stwierdzono wpływu systemów uprawy roli na intensywność transpiracji (E), a uprawa płużna sprzyjała wyższej intensywności fotosyntezy (Pn) u wszystkich odmian.

W warunkach środowiskowych południowo-wschodniej Polski, ze względu na wyższy plon ziarna, lepsze parametry wzrostu oraz wyższą konkurencyjność do gatunków chwastów dominujących można zalecać do wszystkich systemów uprawy roli odmianę Hyfi, a w uprawie płużnej i uproszczonej odmianę Mewa. W przypadku uprawy odmiany Hondia zwłaszcza w warunkach siewu bezpośredniego poziom plonowania może być obniżony wskutek pogorszenia parametrów wzrostu i zwiększenia zachwaszczenia.

PIŚMIENNICTWO

- Amato G., Ruisi P., Frenda A.S. i in., 2013. Long-term tillage and crop sequence effects on wheat grain yield and quality. *Agron. J.* 10(5), 1317–1327. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0019>
- Anjum M.M., Arif M., Riaz M. i in., 2021. Performance of hybrid wheat cultivars facing deficit irrigation under semi-arid climate in Pakistan. *Agronomy* 11(10), 1976. <https://doi.org/10.3390/agronomy11101976>
- Aula L., Mikha M.M., Easterly C.A. i in., 2023. Winter wheat grain yield stability under different tillage practices. *Agron. J.* 115(2), 1006–1014. <https://doi.org/10.1002/agj.2.21236>
- Bilalis D., Efthimiadis P., Sidiras N., 2001. Effect of three tillage systems on weed flora in a 3-year rotation with four crops. *J. Agron. Crop Sci.* 186, 135–141. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2001.00458.x>
- Cantero-Martinez C., Angas P., Lampurlanes J., 2007. Long-term yield and water use efficiency under various tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Ann. Appl. Biol.* 150(3), 293–305. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00142.x>
- Chouter A., Benniou R., Sebbane M. i in., 2024. Effect of tillage systems on durum wheat production with different rotations in semiarid area of Algeria. *Agric. Sci. Dig.* 44(1), 53–57. <https://doi.org/10.18805/ag.DF-438>
- De Vita P., Di Paolo E., Fecondo G., Di Fonzo N., Pisante M., 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil Tillage Res.* 92, 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.01.012>
- Feledyn-Szewczyk B., Smagacz J., Kwiatkowski C.A. i in., 2020. Weed flora and soil seed bank composition as affected by tillage system in three-year crop rotation. *Agriculture* 10(5) 186. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050186>
- Gandia L.M., Del Monte P.J., Tenorio L.J. i in., 2021. The influence of rainfall and tillage on wheat yield parameters and weed population in monoculture versus rotation systems. *Sci. Rep.* 11, 22138. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00934-y>
- Gawęda D., Haliniarz M., 2021. Grain yield and quality of winter wheat depending on previous crop and tillage system. *Agriculture* 11, 133. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020133>
- Huang G., Chai Q., Feng F. i in., 2012. Effects of different tillage systems on soil properties, root growth, grain yield and water use efficiency of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in arid northwest China. *J. Integr. Agric.* 11(8), 1286–1296. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60125-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60125-7)
- Jaskulski D., Jaskulska I., Różniak E. i in., 2023. Cultivation of crops in strip-till technology and micro granulated fertilisers containing a gelling agent as a farming response to climate change. *Agriculture* 13(10)), 1981. <https://doi.org/10.3390/agriculture13101981>
- Jia S., Lv J., Jiang S. i in., 2015. Response of wheat ear photosynthesis and photosynthate carbon distribution to water deficit. *Photosynthetica* 53, 95–109. <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0087-4>
- Kulig B., Lepiarczyk A., Oleksy A. i in., 2010. The effect of tillage system and forecrop on the yield and values of LAI and SPAD indices of spring wheat. *Eur. J. Agron.* 33(1), 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.02.005>
- Lepiarczyk A., Kulig B., Stępnik K., 2005. Wpływ uproszczonej uprawy roli i przedplonu na plonowanie oraz kształtowanie LAI wybranych odmian pszenicy ozimej w płodozmianie zbożowym. *Fragm. Agron.* 2(86), 98–105.
- Lotfi R., Pessaraki M., 2023. Effects of crop rotation and tillage on winter wheat growth and yield under cold dryland conditions. *Crops* 3(2), 88–100. <https://doi.org/10.3390/crops3020009>
- Milan M., Fogliatto S., Blandino M. i in., 2020. Are wheat hybrids more affected by weed competition than conventional cultivars?. *Agronomy* 10(4), 526. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040526>
- Noor H., Yan Z., Sun P. i in., 2023. Effects of nitrogen on photosynthetic productivity and yield quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy* 13(6), 1448. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061448>

- Pardo G., Cirujeda A., Perea F. i in., 2019. Effects of reduced and conventional tillage on weed communities: Results of a long-term experiment in Southwestern Spain. *Planta Daninha* 37. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100152>
- Różewicz M., Grabiński J., Wyzńska M., 2024. Effect of strip-till and cultivar on photosynthetic parameters and grain yield of winter wheat. *Int. Agrophys.* 38, 279–291. <https://doi.org/10.31545/intagr/188352>
- Sans F.X., Berner A., Armengot L. i in., 2011. Tillage effects on weed communities in an organic winter wheat-sunflower-spelt cropping sequence. *Weed Res.* 51(4), 413–421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2011.00859.x>
- Schiller M., Stankowski S., Podsiadło C. i in., 2017. Rating long-term use of simplifications in tillage and previous crop on biometric features, physiological and yield of winter wheat cultivar Kobra Plus. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zotech.* 332(41)1, 53–62. <https://doi.org/10.21005/AAPZ2017.41.1.06>
- Sip V., Vavera R., Chrpova J. i in., 2013. Winter wheat yield and quality related to tillage practice, input level and environmental conditions. *Soil Tillage Res.* 132, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.05.002>
- Skowera B., Jędrzyczek E., Kopcińska J. i in., 2014. The effects of hydrothermal conditions during vegetation period on fruit quality of processing tomatoes. *Polish J. Environ. Stud.* 23, 195–202.
- Weber R., 2011. Wpływ wysokości ścierniska przedplonu i sposobu uprawy roli na plonowanie kilku odmian pszenicy ozimej. *Probl. Inż. Rol.* 1, 31–39.
- Weber R., Hryńczuk B., 2005. Wpływ sposobu uprawy roli i przedplonu na zachwaszczenie pszenicy ozimej. *Annales UMCS. Sec. E.* 60, 93–102.
- Woźniak A., Rachoń L., 2020. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties. *Agriculture* 10(9), 405. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090405>
- Woźniak A., Soroka M., 2018. Effect of crop rotation and tillage system on the weed infestation and yield of spring wheat and on soil properties. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 16(3), 3087–3096. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1603_30873096
- Wu Y., Xi N., Weiner J., Zhang D.Y., 2021. Differences in weed suppression between two modern and two old wheat cultivars at different sowing densities. *Agronomy* 11(2), 253. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020253>
- Zhang F., Zhang D., Li L. i in., 2023. Effect of planting density on canopy structure, microenvironment, and yields of uniformly sown winter wheat. *Agronomy* 13(3), 870. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030870>
- Zhang X., Chen S., Sun H. i in., 2010. Water use efficiency and associated traits in winter wheat cultivars in the North China Plain. *Agric. Water Manage.* 97(8), 1010, 1117–1125. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.06.003>

Źródło finansowania: Badania finansowano w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego MNiSW.

Wkład autorów w powstawanie pracy: J.B. – opracowanie koncepcji i założeń, opracowanie metod, przeprowadzenie badań, opracowanie wyników, obliczenia statystyczne, pisanie artykułu; D.G. – opracowanie wyników, obliczenia statystyczne, pisanie artykułu; B.M.-K. – opracowanie wyników, obliczenia statystyczne, pisanie artykułu.

Abstract. The aim of the study was to compare the yield, growth parameters, gas exchange, and weed infestation of genotypically diverse winter wheat cultivars grown in three tillage systems. Compared to direct drilling, plough and reduced tillage resulted in increased grain yield, leaf area index (LAI), stomatal conductance (Gs), and reduced leaf angle (MTA). The Hyfi cultivar demonstrated better LAI, chlorophyll content (SPAD), and Gs parameters, and similar yield levels in both plough and reduced tillage. Direct drilling resulted in lower LAI, SPAD, and Gs, and the lowest grain yield in the Hondia and Mewa cultivars. The tillage systems did not differ in transpiration intensity (E), while plough tillage promoted higher photosynthesis intensity (Pn) in all cultivars. Direct drilling and reduced tillage, followed by plough tillage, influenced the increase in weed infestation. The Hyfi cultivar was more competitive with the dominant weed species *Galium aparine*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cirsium arvense*, and *Veronica persica* than Mewa and Hondia. Variable hydrothermal conditions during the study years influenced quantitative changes in weed infestation parameters, but did not differentiate weed species composition.

Keywords: soil cultivation, yield, growth parameters, weed infestation cultivar, winter wheat

Otrzymano/Received: 5.03.2026
Zaakceptowano/Accepted: 21.05.2026
Opublikowano/Published: 3.07.2026

Cytowanie: Buczek J., Gawęda D., Michalska-Klimczak B., 2026. Ocena produktywności i zachwaszczenia wybranych genotypów pszenicy ozimej w systemach uprawy roli. *Agron. Sci.* 81(2), 59–70. <https://doi.org/10.24326/as.2026.5674>