

JAN PIECH

Instytut Przyrodniczych Podstaw Produkcji Roślinnej WSR, Lublin

AKTUALNE ZAGADNIENIA METODYKI HODOWLI TRITICALE

Od prawie stu lat znana była duża żywotność i bujność spontanicznie i sztucznie uzyskiwanych form *Triticale* najpierw oktoploidalnych ($2n = 8x = 56$) a później heksaploidalnych ($2n = 6x = 42$). Obecnie obserwuje się, że ulepszone formy *Triticale* odznaczają się większym potencjałem produkcyjnym niż gatunki, z których powstały. Realna możliwość poprawienia i wprowadzenia tej rośliny na szeroką skalę do uprawy datuje się zaledwie od kilkunastu lat, dzięki przede wszystkim nowym koncepcjom teoretycznym i metodycznym wykorzystywanym w hodowli *Triticale* oraz ogromnemu postępowi w skali światowej w hodowli wyjściowych komponentów, a zwłaszcza pszenicy. Pośrednio do postępu w hodowli *Triticale* przyczyniło się poznanie sposobu i mechanizmu allopoloidalnej naturalnej syntezy pszenicy heksaploidalnej z trzech gatunków diploidalnych: *Triticum* (genom AA), *Aegilops speltoides* (genom BB) i *Aegilops squarrosa* (genom DD), co ostatecznie zostało potwierdzone przez Sears'a, Okamoto i Riley'a (14, 9, 11). Na rozwój hodowli *Triticale* miały również wpływ prace nad rekonstrukcją genomów pszenicy heksaploidalnej oraz resyntezą nowych amfidiploidów pszenicy (5, 4, 3).

Najbardziej dynamiczny program praktycznej hodowli *Triticale* rozpoczęty został w Kanadzie na Uniwersytecie Manitoba w 1954 roku przez Jenkinsa (3). Tam też zrodziły się i są dalej rozwijane najbardziej śmiałe teoretyczne koncepcje hodowli tej rośliny sprawdzane w obszernych badaniach podstawowych i wykorzystywane w hodowli praktycznej. Na podstawie cech produktywności syntetyzowanych przez Jenkinsa (3, 15) amfidiploidów AADD z *Triticum monococcum* \times *Aegilops squarrosa* oraz *Triticum durum* \times *Aegilops squarrosa*, Shebeski stwierdził na Pierwszym Międzynarodowym Sympozjum Genetyki Pszenicy w 1958 roku (15), że *Aegilops squarrosa* jest słabym komponentem sztucznie syntetyzowanych amfidiploidów i że mógł być wcale nie najlepszym komponentem w procesie wolucji pszenicy heksaploidalnej. Z drugiej strony bardzo dużą żywotnością i bujnością charakteryzowały się amfidiploidy otrzymane przez tych samych badaczy z krzyżówek pszenic tetraploidalnych z żytem. Na tej podstawie oraz zalet odmian *Triticum durum* w uprawie w Kanadzie She-

beski zakwestionował rolniczą wartość genomu D i wysunął czysto spekulatywny postulat zastąpienia genomu D u *Triticum aestivum* przez genom *Secale* oznaczony przez R. Jego zdaniem, po usunięciu wielu wad ówczesnych form *Triticale* — takich jak pewien stopień niepłodności, złe wykształcenie ziarna, zbyt długi okres wegetacji, duża wysokość i wrażliwość na wyleganie, *Triticale* może stać się ważną nową rośliną zbożową. Choć wobec najważniejszej roli pszenicy *Triticum aestivum* w uprawie światowej propozycja Shebeskiego była spekulacją, to jednak w dużym stopniu przyczyniła się do zwiększenia zainteresowania syntezą i hodowlą *Triticale* na poziomie heksaploidalnym.

Rekonstrukcja genomów stanowiących w wyniku ewolucji zintegrowane jednostki powoduje jednak zmniejszenie ich wewnętrznej równowagi. Wskazują na to ciekawe prace Kerbera z Manitoba (5), polegające na ekstrakcji tetraploidalnej pszenicy AABB z pszenicy heksaploidalnej w drodze 7-krotnych krzyżówek wstecznych heksaploidalnej odmiany Canthatch z pentaploidalnym mieszańcem uzyskanym z krzyżowania tej odmiany z tetraploidalną odmianą Stewart i selekcji tetraploidalnej pszenicy Canthatch z samozapylonych potomstw ostatniej krzyżówki wstecznej. Stwierdził on, że zrekonstruowany tetraploidalny komponent AA BB odmiany Canthatch różnił się diametralnie od obecnie uprawianych pszenic tetraploidalnych. Były to rośliny mało żywotne, półkarłowate o obniżonej płodności do 50%, podczas gdy przebieg mejozy u tych roślin był zupełnie prawidłowy, bowiem stwierdzono u nich normalną biwalentną koniugację chromosomów w metafazie pierwszego podziału mejotycznego.

Izolacja tetraploidalnego komponenta AABB z pszenicy heksaploidalnej potwierdziła przewidywane wcześniej głębokie zmiany genetyczne, które zaszły w jego obrębie już po włączeniu genomu D w procesie ewolucji pszenicy heksaploidalnej. Zmiany te wpłynęły niekorzystnie na wzrost i płodność oddzielonego komponenta AABB od genomu D. Wady te nie ujawniają się na poziomie heksaploidalnym, gdyż są kompensowane obecnością genomu D. Potwierdza to normalny wzrost, żywotność i wysoka płodność syntetyzowanych heksaploidów uzyskanych z krzyżowania komponenta AABB heksaploidalnej pszenicy Canthatch z *Aegilops squarrosa* w porównaniu do heksaploidów otrzymanych z krzyżowania odmian *Triticum durum* × *Aegilops squarrosa*. Wyciągnięto z tego wniosek, że genomy AABB z pszenicy heksaploidalnej powinny wykazywać większą zgodność z genomem żyta niż ich odpowiedniki z pszenicy tetraploidalnej, dzięki przystosowaniu tych genomów do konstytucji heksaploidalnej w wyniku współdziałania z genomem D przez tysiące lat ewolucji i uprawy pszenicy *Triticum aestivum*. Wyniki badań nad rekonstrukcją genomów u pszenicy heksaploidalnej miały więc duże znaczenie z tego względu, że stanowiły teoretyczną podstawę do oceny wartości zróżnicowanych

genomów AA BB u pszenicy heksaploidalnej i tetraploidalnej dla hodowli mającej na celu ulepszenie istniejących form *Triticale*.

Liczne jeszcze wady większości obecnych form *Triticale* mają niewątpliwie swe główne źródło w zbyt wąskiej zmienności genetycznej komponentów pszenicy i żyta, z których powstały. Stebbins (18) podkreślał, że amfidiploidy otrzymane z różnych odmian pszenicy i żyta wykazują zmienność pod względem wielu cech. Różnice w przebiegu mejozy, płodności, plenności, żywotności, zimotrwałości u form *Triticale* oktoploidalnego otrzymanych z różnych źródeł stwierdził jeszcze w 1939 roku Müntzing (8). Ostatnio potwierdzili to również inni hodowcy (7, 20), którzy udowodnili nawet, że stopień stabilności cytologicznej u *Triticale* zależy nie tylko od liczby generacji dzielącej od krzyżówki, ale także od krzyżowanych genotypów rodzicielskich. Toteż od początku intensywnej hodowli *Triticale*, rozpoczętej na początku lat 60 hodowcy kanadyjscy przyjęli hipotezę że warunkiem kontynuacji postępu w hodowli *Triticale*, mającego na celu uzyskanie właściwych kombinacji pozbawionych takich wad jak częściowa niepłodność, pomarszczenie nasion, późne dojrzewanie, wyleganie oraz niedostateczne przystosowanie, konieczne jest nagromadzenie większej korzystnej zmienności w materiałach hodowlanych *Triticale* w drodze hodowli rekombinacyjnej. Tworzenie populacji o bardzo dużym zróżnicowaniu genetycznym może być pewną rekompensatą za brak naturalnej ewolucji tej rośliny. Ogromną rolę w hodowli *Triticale* przypisują hodowcy kanadyjscy genomom pszenicy heksaploidalnej, stosując krzyżowanie *Triticale* oktoploidalnego z heksaploidalnym w celu pośredniego wprowadzenia większej zmienności do genomu pszenicznego (AABB) i genomu żyta (RR) i selekcji korzystnych form z wyeliminowanym genomem D, którego chromosomy nie mają partnerów do koniugacji. Uzyskanie stabilnych form tą metodą uzyskuje się już w pierwszych pokoleniach (21), a więc znacznie wcześniej niż u nowych amfidiploidów, u których stabilizację cytologiczną i zadowalającą płodność uzyskuje się znacznie wolniej. Krzyżowanie takich form zapewnia dodatkową zmienność rekombinacyjną w obrębie genomów AABB, gdyż zgodnie z wynikami badań Kerbera i Kaltsikesa genomy te, pochodząc od pszenicy tetraploidalnej w *Triticale* heksaploidalnym i od pszenicy heksaploidalnej w *Triticale* na poziomie oktoploidalnym, ewolucyjnie a stąd i genetycznie są liniami odmiennymi. Równoległe z hodowcami kanadyjskimi metodę przekrzyżowania *Triticale* oktoploidalnych z heksaploidalnymi i selekcji stabilnych o korzystnych cechach form heksaploidalnych stosował również Pisariew (10) i Kiss (6). Uzyskanym z tych krzyżówek formom *Triticale*, Kiss nadał nazwę wtórnego *Triticale* heksaploidalnego w przeciwieństwie do pierwotnych *Triticale* heksaploidalnych otrzymywanych z krzyżowania między *Triticale* heksaploidalnymi syntetyzowanymi z pszenicy tetraploidalnych i żyta. Pow-

szechnie uznawana wyższość pod względem rolniczym pierwszej formy wynika z tego, że genom A i B jest produktem rekombinacji zróżnicowanych genomowo pszenic heksaploidalnych i tetraploidalnych, a u *Triticale* pierwotnego genomu te pochodzą wyłącznie od pszenic tetraploidalnych.

Inna metoda pośredniego wprowadzania większej zmienności genetycznej do genomów pszenicy najlepszych form *Triticale*, stosowana głównie przez Jenkinsa (2, 3), polega na przekrzyżowywaniu pszenic heksaploidalnych z pierwotnymi *Triticale* heksaploidalnymi i selekcji stabilnych i korzystnych form. Na tej drodze Jenkins uzyskał duży i szybki postęp w ulepszaniu *Triticale* dzięki używaniu do krzyżowania najlepszych i zróżnicowanych genetycznie różnych typów fizjologicznych pszenic własnej hodowli, wytworzonych w drodze współpracy od 1964 roku z hodowlą meksykańską. Korzystał on również z ogromnej zmienności olbrzymiej kolekcji pszenic w Meksyku. Szybki postęp hodowlany zawdzięczał on w dużym stopniu uprawie w ciągu roku jednego pokolenia w Meksyku zimą, następnego zaś w lecie w Manitobie w Kanadzie. Udało mu się w szczególności wprowadzić cechę półkarłowatości i silniejszej słomy, wczesnego dojrzewania i niewrażliwości na światło, dzięki czemu dojrzewanie nie było uzależnione od długości dnia, umożliwiając tym samym uzyskanie dwóch pokoleń w ciągu roku w dwóch bardzo odległych i odrębnych środowiskach ekologicznych. W ten sposób udało mu się w dużym stopniu wyeliminować główne wady dawniejszych form *Triticale*, tj. podatność na wyleganie, zbyt długi okres wegetacji, a także wrażliwość na choroby, szczególnie na rdzę żdźbłową. Jenkins krzyżował żyto z wieloma karłowatymi nowymi typami fizjologicznymi pszenic tetraploidalnych, np. z karłowatą odmianą Oviachic 65, pierwszą tetraploidalną odmianą o krótkiej i sztywnej słomie uwarunkowanej genami Norin 10, dającej dobre wyniki w krzyżówkach z żytem. Z krzyżówek tych wyselekcjonował nowe formy *Triticale* charakteryzujące się silnym krzewieniem i długimi kłosami w stosunku do krótkiej słomy. Te nowe formy reprezentowały znaczny postęp w porównaniu z poprzednimi heksaploidalnymi *Triticale*. Niemal całkowite opanowanie problemu niepłodności w Meksyku (21) u wyhodowanej serii linii zwanych Armadillo ze skomplikowanych krzyżówek w obrębie różnych *Triticale* otrzymanych z krzyżowania różnych gatunków i odmian pszenic tetraploidalnych dobitnie potwierdza znaczenie dużej zmienności genetycznej w hodowli *Triticale*. Rodowód krzyżówki $\times 308$ (Armadillo) obejmuje: $[(Triticale-Ghiza \times Triticale-Carleton durum) \times (Triticale-persicum \times Triticale-durum)] \times [(Triticale-dicoccoides \times Triticale-persicum)]$. Wiele cech linii Armadillo wskazuje również, że do ich rodowodu wchodzi, w wyniku skrzyżowań spontanicznych, także genotypy pszenic heksaploidalnych. Wysoka płodność, jak twierdzą twórcy

tych linii, ma charakter dziedziczny i przenosi się na potomstwo. Fakt ten może mieć wielkie znaczenie dla dalszej hodowli *Triticale*.

Poza ważną rolą genomów, Sisodia i McGinnis (16) wskazują również na dużą rolę cytoplazmy pszenicy heksaploidalnej w hodowli *Triticale*, która pomimo, że pochodzi od *Aegilops speltoides* zarówno u pszenicy tetraploidalnej, jak i heksaploidalnej (19), to w procesie ewolucji pszenicy heksaploidalnej nastąpiła dyferencjacja cytoplazmy warunkująca harmonijne współdziałanie z genomem D. Na podstawie ich własnych obserwacji i doświadczeń w trakcie wieloletnich prac nad *Triticale* oraz wyników prac Pisariewa i Kissa dowodzą oni, że jądro *Triticale* heksaploidalnego jest bardziej zgodne z cytoplazmą pszenicy heksaploidalnej niż tetraploidalnej. Ten harmonijny związek cytoplazmy z jądrem, komponentów wzajemnie oddziaływających na siebie wydaje się być zgodny z ostatnimi zdobyczami genetyki molekularnej i z powszechnym dziś twierdzeniem, że każda cecha organizmu powstaje w wyniku współdziałania jądra i cytoplazmy, nawet jeśli dotychczas nie demonstrowano dowodów eksperymentalnych potwierdzających tę tezę w odniesieniu do wielu cech. Stworzyli oni koncepcję zrównoważonego stosunku jakościowego i ilościowego cytoplazmy i jądra u ustabilizowanych w wyniku długotrwałych przemian ewolucyjnych gatunków pszenic tetraploidalnych i heksaploidalnych, bowiem wraz ze wzrostem wielkości jądra w kształtowaniu się serii poliploidalnej u pszenic, prawdopodobnie zmieniała się i wzrastała proporcjonalnie i cytoplazma. Wychodząc z tego założenia przyjęto, że jedynie u wtórnego *Triticale* heksaploidalnego (AABBRR) z cytoplazmą pszenicy heksaploidalnej $8 \times$ *Triticale* i heksaploidalnym jądrem (AABBRR) oraz u form $6 \times$ *Triticale* (AABBRR) otrzymanych z krzyżowania pszenicy heksaploidalnej jako matki \times pierwotne $6 \times$ *Triticale*, stosunek cytoplazma—jądro jest zrównoważony (1:1). Stąd formy te mają na ogół większą wartość rolniczą niż *Triticale* oktoploidalne, u którego liczba chromosomów $2n = 56$, a cytoplazma pochodzi od pszenicy heksaploidalnej i u heksaploidalnego z liczbą chromosomów $2n = 42$ i cytoplazmą od pszenicy tetraploidalnej. Stosunek cytoplazma — jądro u tych form jest zachwiany (1:1,33 i 1:1,5).

Za hipotezą dużej roli cytoplazmy pszenicy heksaploidalnej i zrównoważonego stosunku cytoplazma — jądro w hodowli *Triticale* pośrednio przemawiają również wyniki prac Kerbera (5) i Kaltsikesa z innymi (4), które dowiodły, że pszenice heksaploidalne z własną cytoplazmą syntetyzowane z krzyżówek wyodrębnionych z nich pszenic tetraploidalnych \times *Aegilops squarrosa* wykazują większą stabilność cytologiczną niż syntetyzowane z *Triticum durum* \times *Aegilops squarrosa* z cytoplazmą tetraploidalną. Można również przypuszczać, że niezbalansowany stosunek poliploidalny cytoplazma — jądro, pomimo mejotycznej regularności zrekon-

struowanych pszenic tetraploidalnych z heksaploidalnych był przyczyną wysokiego stopnia niepłodności i wiązania słabych nasion.

Dotychczasowe wyniki badań nad rekonstrukcją genomów pszenicy (5, 4) oraz doświadczenia hodowców *Triticale* (10, 6, 12, 20, 21, 2, 3, 7, 16, 17) wyjaśniają wiele problemów metodycznych związanych z hodowlą *Triticale*, bez których dokonany i dalszy postęp w hodowli tej rośliny byłby niemożliwy. Przemawia to raczej za koniecznością używania jako form matecznych do krzyżówek z żytem pszenic heksaploidalnych niż tetraploidalnych, korzystnych zarówno z punktu widzenia jądrowego jak i możliwości kształtowania bardziej zrównoważonego stosunku ploidalnego cytoplazma — jądro przy tworzeniu form *Triticale* heksaploidalnego. Sugerują one również konieczność testowania przydatności tetraploidalnych i heksaploidalnych gatunków pszenicy w różnych kombinacjach i układach cytoplazmatycznojądrowych dla hodowli *Triticale*. Wykorzystanie jako form matecznych genotypów pszenicy heksaploidalnej lub też *Triticale* oktoploidalnego w hodowli *Triticale* w Polsce staje się również konieczne ze względu na uzasadnioną potrzebę hodowli przede wszystkim ozimych odmian *Triticale* o przypuszczalnie wyższej potencjalnej zdolności plonowania niż jare w naszych warunkach klimatyczno-glebowych. *Triticale* heksaploidalne wyselekcjonowane z bezpośrednich krzyżówek jarych lub słabo zimotrwałych pszenic tetraploidalnych *Triticum durum*, *Triticum turgidum* czy *Triticum persicum* z żytem ozimym nie zapewniłoby wymaganego stopnia zimotrwałości dla uprawy w naszych warunkach klimatycznych i być może cechy tej, ze względu na jej złożone uwarunkowanie genetyczne, nie można by było w pełni odtworzyć w drodze dalszych krzyżowań.

Dotychczasowe prace nad hodowlą *Triticale* w Polsce polegały głównie na adaptacji i selekcji *Triticale* wyhodowanych w Związku Radzieckim, na Węgrzech, w Szwecji i Kanadzie. Istniała bowiem niesłuszna opinia, że tworzenie nowych form *Triticale* jest procedurą długotrwałą, pracochłonną, kosztowną i niekonieczną, dzięki ulepszonym i dostępnym formom *Triticale* z zagranicy lub wyselekcjonowanym z nich formom *Triticale* w kraju. Ostatnie osiągnięcia meksykańskiej hodowli *Triticale* (21) rozpoczętej praktycznie dopiero w 1965 roku przy współpracy i wydatnej pomocy Uniwersytetu Manitoba przeczą tym opiniom. W wyniku dynamicznej hodowli opartej na ciągłej syntezie dużej ilości amfidiploidów z najlepszych intensywnych odmian pszenic i żyta, selekcji i krzyżowaniu tych form z najlepszymi własnymi i obcymi — głównie kanadyjskimi odmianami *Triticale* udało się w krótkim czasie wyeliminować główną wadę dotychczasowych *Triticale*, jaką była niepłodność wielu kwiatów w kłosach lub powstawanie nasion źle wykształconych (tab.). Średni plon najlep-

Tabela

Plodność i cechy nasion linii *Triticale* i odmian pszenic uzyskane w Meksyku w latach 1969–1970 (21)

Odmiany pszenicy i linie <i>Triticale</i>	Liczba nasion w kłosie	Liczba nasion z kłosa po oddzieleniu poślądu	Procent nasion z kłosa po oddzieleniu poślądu	Plodność w %	Liczba nasion w kłosku	Ciężar nasion z kłosa (g)	Ciężar 1000 nasion (g)
Odmiany pszenicy heksaploidalnej							
Iinia	50,4	46,0	91,3	85,4	2,80	2,11	46,8
Tobari	47,4	42,5	89,6	84,3	2,96	1,55	36,6
Aningha	44,2	38,3	86,6	80,9	2,43	2,15	56,2
Najlepsze heksaploidalne linie Armadillo							
Beaver	91,6	88,2	96,2	77,2	3,27	1,11	46,6
Badger	73,2	58,8	80,3	90,1	2,37	3,19	54,3
308Y—23M	100,6	88,3	87,7	86,3	3,38	3,33	37,7
3086Y	81,6	68,5	83,9	86,1	3,16	4,48	50,9
3087Y	77,4	60,8	78,5	78,0	3,05	3,33	48,0
30814Y	99,4	91,6	92,1	83,5	3,76	3,97	43,4
30814Y	95,6	87,2	91,2	86,2	3,39	3,84	44,1
30811Y	111,4	105,9	95,0	81,3	4,10	4,37	41,3
30827Y	87,2	75,2	86,2	83,2	3,16	3,06	40,7
30827Y	79,8	74,4	93,2	79,3	2,73	2,87	38,6
308Y—2M	109,0	96,7	88,7	76,5	3,66	4,04	43,4
Stare standardowe odmiany <i>Triticale</i> heksaploidalnego							
U M 940	86,8	68,9	80,4	71,9	2,61	2,67	38,8
Y F R — 6 TA	107,2	73,1	68,2	70,3	2,97	3,90	53,4

szych *Triticale* badanych w 4 miejscowościach przy dość ekstensywnym nawożeniu (60 kg N/ha) w latach 1968—1970 wynosił 50 q/ha, a najlepszych odmian pszenicy 49,7 q/ha (21). Ostatnie wiadomości z Meksyku wskazują, że średnia liczba ziarn w kłosku niektórych linii pochodnych Armadillo nie ustępują najlepszym pod tym względem odmianom pszenic i tym samym dowodzą, że pozostał jeszcze jeden ważny problem do rozwiązania, tj. przewyciężenie pomarszczenia nasion. Defekt nienormalnego rozwoju bielma, związany jest prawdopodobnie z biochemią dojrzewającego ziarna, toteż wyjaśnienie przyczyn pomarszczenia nasion u *Triticale* jest przedmiotem intensywnych badań procesów biochemicznych w czasie tworzenia się i dojrzewania ziarniaków prowadzonych na Uniwersytecie Manitoba.

Dotychczasowe wyniki doświadczeń z obcymi formami *Triticale*, głównie węgierskimi i kanadyjskimi, chociaż bardzo cennymi do dalszej hodowli *Triticale* na poziomie heksaploidalnym, charakteryzują się brakiem przystosowania do naszych warunków uprawy i znacznie ustępują pod względem plonowania odmianom pszenicy ozimej i żyta. Dotychczasowe *Triticale* charakteryzuje na ogół zbyt wąska skala przystosowawcza. Dziesięć najlepszych typów *Triticale* z Kanady badane w 1967 roku w różnych punktach USA (1) często niezbyt odległych od Manitoby dały złe wyniki. Stwierdzono większą sterylność niż w Kanadzie, wrażliwość na rdzę, mączniaka oraz silne wyleganie w warunkach nawadniania.

W świetle naszych i obcych doświadczeń w hodowli *Triticale* wydaje się, że tylko poprzez syntezę nowych amfidiploidów pszenno-żytnich z udziałem wielu naszych najlepszych odmian ozimych pszenicy i żyta oraz zagranicznych, dających najlepsze wyniki produkcyjne w naszym kraju, będzie można stworzyć nowe przystosowane do naszych warunków formy *Triticale*. Będzie można je również wykorzystać do wprowadzenia nowej korzystnej zmienności genetycznej do najlepszych dotychczasowych materiałów hodowlanych *Triticale*, przede wszystkim tych, które są już sprawdzone w kraju. Zarówno kanadyjskie, jak i meksykańskie doświadczenia wskazują, że sukcesy hodowli tej rośliny zależą po pierwsze od dostępności dużej liczby syntetyzowanych amfidiploidów różnych kombinacji z krzyżowań starannie dobranych i różniących się genetycznie i fizjologicznie, plennych, krótkosłomych i wczesnych pszenic i żyta zapewniających znalezienie właściwych kombinacji po skrzyżowaniu ich z *Triticale* heksaploidalnym. Jedną z wad nowych amfidiploidów jest zbyt duża wysokość pochodząca głównie od żyta, pomimo użycia do krzyżowania krótkosłomych pszenicy. Wadę tę można usunąć przez krzyżowanie nowych form z krótkosłomymi *Triticale* lub przez użycie do tworzenia nowych amfidiploidów krótkosłomych mutantów żyta. Skuteczność hodowli zależy również od selekcji korzystnych form *Triticale* z możliwie dużych populacji rozszczepiających się potomstw krzyżówkowych. Ze względu na konieczność połączenia bardzo wielu cech w mieszańcach krzyżówek oraz dużej liczby niepożądanych form zarówno pod względem morfologicznym, cytologicznym, jak i najważniejszych cech rolniczych tylko duże populacje i ostra selekcja na najważniejsze cechy mogą zapewnić pożądane rezultaty.

Tworzenie dużej liczby amfidiploidów będzie wymagać zastosowania techniki hodowli kilkunastodniowych zarodków na sterylnych pożywkach agarowych dla zastąpienia źle rozwijającego się bielma, którym odżywia się zarodek na roślinie macierzystej mieszańca oraz mało, jak dotychczas, skutecznej techniki kolchicynowania roślin F_1 w celu podwojenia liczby chromosomów i przewyciężenia zjawiska niepłodności mieszańców.

Przy obecnej technice kolchicynowania uzyskuje się zaledwie kilka procent czystych amfidiploidów hodowanych na sztucznych pożywkach agarowych, przy czym nieco lepsze wyniki uzyskuje się przy indukowaniu amfidiploidów oktoploidalnych niż heksaploidalnych. Kiełkowanie nasion otrzymanych z roślin F_1 i rozwój siewek jest również słaby. Po wytworzeniu nowych korzystnych amfidiploidów, w następnym etapie konieczne będzie ich krzyżowanie z najlepszymi liniami *Triticale* heksaploidalnego celem wprowadzenia do nich nowej zmienności rodzimych odmian pszenic i żyta zarówno do komponenta pszenicznego (AABB), jak i żytniego (RR). Stąd metoda ta może mieć większe znaczenie niż ulepszanie heksaploidalnych form przez wprowadzenie nowej zmienności genetycznej tylko do pszenicznego komponenta *Triticale* (AABB) prostszą metodą, bo nie wymagającą tworzenia nowych amfidiploidów, stosowaną przez Jenkinsa (2), polegającą na krzyżowaniu pszenic heksaploidalnych z najlepszymi formami hodowanymi *Triticale* heksaploidalnego, eliminacji genomu D i selekcji korzystnych form *Triticale* heksaploidalnego. Przy selekcji w pierwszym, drugim lub trzecim pokoleniu mieszańców należy zwracać uwagę na osadzenie ziaren i ich wykształcenie prowadząc ostrą selekcję na te cechy.

Uwzględniając dużą rolę współdziałania cytoplazmy pszenicy z jądrem *Triticale* heksaploidalnego hodowcy kanadyjscy (17) zaproponowali ostatnio nową metodę bezpośredniego wykorzystania genotypów pszenicy heksaploidalnej i żyta w hodowli *Triticale*. Metoda ta uwzględnia następujące etapy:

1. Krzyżowanie pszenicy heksaploidalnej lub mieszańca międzyodmianowego F_1 (AABBDD $2n = 42$), odznaczającego się większą zmiennością z żytem (RR $2n = 14$).

2. Otrzymane sterylne mieszańce F_1 jako matki (ABDR $2n = 28$) krzyżuje się z heksaploidalną formą *Triticale* (AABBRR $2n = 42$) lub mieszańcą pyłku różnych najlepszych linii *Triticale* wysianych na przemian z mieszańcem w izolacji w celu zapewnienia maksymalnego naturalnego przekrzyżowania. Dla zwiększenia szansy zapłodnienia płodnych komórek jajowych konieczne jest dodatkowe ręczne zapylenie możliwie wszystkich kwiatów w kłosach mieszańców.

3. Potomstwo krzyżówki sterylnego mieszańca F_1 z *Triticale* można badać cytologiczne i na podstawie analizy stożków wzrostu korzeni selekcjonować siewki 42- (AABBDR, AABBRR, 49- (AABBDRR) i 35- (AABBR) chromosomowe a spośród wyrosłych z tych siewek roślin selekcjonować najbardziej płodne rośliny o fenotypie *Triticale*. Jeżeli zaś nie ma warunków do przeprowadzenia analizy cytologicznej, należy badać płodność każdej rośliny w porównaniu z kontrolną standardową linią *Triticale*. Naj-

bardziej płodne rośliny podobne do *Triticale* powinny mieć konstytucję AABBRR.

4. Potomstwo wyselekcjonowanych roślin w oparciu o analizę cytologiczną i płodność lub na podstawie tylko płodności i morfologii w porównaniu do kontroli, powinny podlegać dalszej selekcji lub być krzyżowane z najlepszymi liniami *Triticale*. Tego rodzaju selekcja powinna wyeliminować chromosomy genomu D i zapewnić otrzymanie stabilnych form heksaploidalnych AABBRR.

Zaproponowana również modyfikacja powyższej metody ma na celu wykorzystanie zarówno heksaploidalnej, jak i tetraploidalnej pszenicy oraz żyta w hodowli *Triticale*. Różni się od poprzedniej tym, że: 1) najpierw krzyżuje się dobraną odmianę pszenicy heksaploidalnej lub międzyodmianowego mieszańca F_1 (AABBDD $2n = 42$) jako matkę, z dobraną odmianą pszenicy tetraploidalnej (AABB $2n = 28$), 2) pentaploidalny częściowo sterylny mieszaniec tej krzyżówki (AABBD $2n = 35$) krzyżowany jest następnie z żytem (RR $2n = 14$), 3) niepłodny mieszaniec tej krzyżówki (ABR + O—7D $2n = 21 - 28$) krzyżuje się z $6 \times$ *Triticale* (AABBRR $2n = 42$), 4) z potomstwa tej krzyżówki, jak i w poprzedniej metodzie selekcjonowane są siewki 42-chromosomowe (AABBRR, AABBDR), 49-chromosomowe (AABBDRR) oraz 35-chromosomowe (AABBR), a następnie na podstawie fenotypu i płodności powinien nastąpić albo bezpośredni wybór stabilnego *Triticale* albo w drodze stopniowej selekcji po wyeliminowaniu chromosomów genomu D. Metoda ta ma tę przewagę, że pozwala na ewentualne bezpośrednie wprowadzenie do populacji hodowlanej *Triticale* heksaploidalnego równocześnie korzystnej zmienności genetycznej pszenicy heksaploidalnej i tetraploidalnej. Ponieważ jednak w metodzie tej z potomstwa krzyżówki pentaploidalnej pszenicy z żytem można użyć tylko 21- (ABR) i 28- (ABDR) chromosomowe rośliny do dalszej krzyżówki z *Triticale* (AABBRR $2n = 42$), dlatego analiza cytologiczna roślin jest niezbędna.

Zbadanie skuteczności tych metod w hodowli *Triticale* w Polsce wydaje się uzasadnione głównie z dwóch względów. Wprowadzenie nowej zmienności do nieprzystosowanych dostępnych form *Triticale* w kraju jest sprawą konieczną i oczywistą i przy zastosowaniu tych metod stosunkowo łatwą i szybką. Metody te oparte są przede wszystkim na wykorzystaniu genotypów pszenic heksaploidalnych, a więc wyłącznie uprawianych w kraju, dobrze przystosowanych i poddawanych intensywnej hodowli. Odnosi się to również do wysokowartościowych odmian żyta jak i linii wsobnych hodowanych dla celów hodowli heterozyjnej, które mogą być korzystne w hodowli *Triticale*. Poza tym metody te nie wymagają syntezy nowych amfidiploidów, procedury pracochłonnej często długotrwałej i mało skutecznej jeśli chodzi o procent czystych i stabilnych form o pod-

wojonej liczbie chromosomów, a konieczne prace cytologiczne mogą być ograniczone do minimum. Dzięki użyciu międzyodmianowych mieszańców F_1 pszenicy do krzyżowania z żytem i wykorzystaniu gamet powstałych u niepłodnych mieszańców pszenno-żytnich w wyniku restytucji jąder, większa zmienność ze strony form matecznych może być wprowadzona do populacji hodowlanych *Triticale*. Zmienność i potencjał rekombinacyjny może być znacznie spotęgowany, jeśli zapewni się możliwość zapylenia niepłodnych mieszańców pyłkiem dużej liczby zróżnicowanych i wartościowych linii *Triticale*. Korzystny pod względem jakości i ilości populacyjny skład genowy pochodzący z takich krzyżowań może dłużej przetrwać w populacji hodowlanej i zwiększyć szanse wyboru korzystnych form. O możliwości tworzenia się restytucyjnych jąder i płodnych gamet u polihaploidów pszenicy świadczą prace Searsa (23). Zdołał on uzyskać, po skrzyżowaniu polihaploidów z pszenicą heksaploidalną Chinese-Spring, szereg form monosomicznych, które dały początek znanym seriom aneuploidalnym. Należy również przypuszczać, że niepłodne mieszańce różnych kombinacji krzyżówkowych mogą się różnić pod względem częstotliwości jąder restytucyjnych i płodnych gamet. Gamety takie mogą być wykorzystane pod warunkiem obfitego naturalnego i sztucznego zapylenia przez pyłek *Triticale* heksaploidalnego. Hodowcy meksykańscy (21) przywiązują ogromną wagę do korzyści osiąganych z naturalnych przekrzyżowań w obrębie częściowo niepłodnych linii selekcyjnych *Triticale* sprzyjających uzyskiwaniu roślin o dobrze wypełnionych nasionach. W tym celu linie te lub mieszańce sieje się w rządkach na przemian z płodnymi *Triticale*. Twierdzą oni, że zwłaszcza linie Armadillo użyte jako zapylacze, w porównaniu do innych zapewniają wiązanie większej liczby nasion u mieszańców niepłodnych. Również mieszańce pszen-żyta powstałe z udziałem linii Armadillo jako matek wykazują większą częstotliwość płodnych gamet.

Nowe koncepcje związane z metodyką hodowli *Triticale* wymagają dalszych badań eksperymentalnych. Niektóre z nich jak np. ocena stosunku poliploidalnego cytoplazma—jądro otwierają duże możliwości interesujących i praktycznie uzasadnionych badań naukowych, które mogą przyczynić się do dalszego zwiększenia efektywności hodowli tej rośliny.

Postępy w hodowli *Triticale* w ostatnich latach świadczą, że człowiek opanował częściowo kontrolę procesu ewolucyjnego tej rośliny i że poprzez planową hybrydyzację, sztuczną hodowlę zarodków, stosowanie kolchicyny lub kierowanie przebiegiem majozy, celem uzyskiwania niezredukowanych jąder przez odpowiednią selekcję, może konstruować nowe kombinacje genomów, o coraz lepszych zdolnościach kombinacyjnych i tworzyć nowe rośliny uprawne.

Postępy te dokonane w ciągu kilkunastu lat przez zaledwie kilku ho-

dowców na całym świecie sprawiły, że w niektórych krajach zaawansowanych w hodowli *Triticale*, roślina ta konkuruje już pod względem plenności z pszenicą podlegającą od tysięcy lat zmianom ewolucyjnym i będącą od lat obiektem bardzo intensywnych badań i prac hodowlanych.

Roślina ta dzięki łączeniu cech pszenicy i żyta będzie prawdopodobnie uprawiana w niedalekiej przyszłości na nieco lżejszych glebach niż pszenica i z tego względu może mieć ogromne znaczenie w naszym kraju. Wydaje się więc, że w planach pracy nad *Triticale* w Polsce należy uwzględnić przede wszystkim potrzebę zdecydowanego przejścia do praktycznej hodowli odmian *Triticale* w oparciu o własny materiał wyjściowy odmian żyta i pszenic heksaploidalnych przy równoczesnym pełnym wykorzystaniu najlepszych dotychczas odmian lub linii *Triticale*.

LITERATURA

1. Briggles L.W.: *Triticale-Areview Crop Science*, 1969, 9: 197—202
2. Jenkins B.C.: History of the development of some presently promising hexaploid *Triticale*. *Wheat Information Service*, 1969, 28: 18—20
3. Jenkins B.C.: The Samuel Rosner Chair in Agronomy, Summary Report 1954—1965. Department of Plant Science. University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
4. Kaltsikes P.J., Ewans L.E., Larter E.N.: Morphological and meiotic characteristics of the extracted AABB tetraploid component of three varieties of common wheat. *Can. J. Genet. Cytol.* 1969, 11: 65—71
5. Kerber E.R.: Wheat: Reconstitution of the tetraploid component (AABB) of hexaploids. *Science*, 1964, 143: 253—255
6. Kiss A.: Neue Richtung in der *Triticale*. *Zuchtung. Pflanzenzucht*, 1966, 55: 309—329
7. Larter E., Tsuchiya, Evans L.E.: Breeding and genetics of *Triticale*. *Proceedings Third International Wheat Genetic Symposium Canberra*, 1968, 213—221
8. Muntzing A.: Cytogenetic and breeding studies in *Triticale*. *Proceedings Second International Wheat Genetic Symposium, Hereditas, Supplement*, 1966 Vol. 2: 291—299
9. Okamoto M.: Identification of chromosomes of common wheat belonging to the A and B genomes. *Can. J. Genet. Cytol.*, 1962 4:31
10. Pisariw W.: Different approaches in *Triticale* breeding. *Proceedings Second International Wheat Genetics Symposium, Hereditas Supplement*, 1966, Vol. 2: 279—290
11. Riley R., Chapman V.: Genetic control of the cytologically diploid behaviour of hexaploid wheat. *Nature* 1958, London 182—713
12. Sanchoz-Monge E.: Hexaploid *Triticale*. *Proceedings First International Wheat Genetics Symposium at the University of Manitoba 1958*, 181—194
13. Sears E.R.: Monosomes, trisomes, and segmental interchanges form a haploid of *Triticum vulgare*. *Genetics*, 1939, 24:24
14. Sears E.R.: The aneuploids of common wheat. *Proc. First, International Wheat Genetics Symposium at the University of Manitoba*, 1958, 221
15. Shebeski L.H.: Speculations on the impact of the D genome. *Proceedings*

First International Wheat Genetics Symposium at the University of Manitoba 1958, 237—241

16. Sisodia N.S., McGinnis R. C.: Importance of heksaploid wheat germ plasm in heksaploid Triticale breeding. *Corp Sci.*, 1970, 10: 161—162
17. Sisodia N.S., McGinnis R. C.: New methods of utilizing wheat and rye germ plasm in Triticale breeding, *Crop Sci* 1970, 10: 163—164
18. Stebbins G.: Artificial polyploidy as a tool in plant breeding. *Brookhaven Symposia in Biology* 1956, 9: 37—52
19. Suemoto H.: The origin of the cytoplasm of tetraploid wheats. *Proceedings Third International Wheat Genetic Symposium, Canberra 1968*, 141—152
20. Tarkowski C., Otłowska D.: Badania nad heksaploidalnymi Triticale i jego mieszańcami z żytem i pszenicą. *Hodowla Roślin i Aklimatyzacja* 1968, 12: 577—590
21. Zilliński F.J., Borlaug N.E.: Progress in developing Triticale as an economic crop. *Research Bulletin Nr 17, 1971, CIMMYT, Mexico*