Metodyka wykonywania krzyżówek u jęczmienia

The Technique of Barley Crossing

J. SAWICKI

WSTĘP

Hodowla jęczmienia opierała się przez długi okres czasu na selekcji miejscowych populacji oraz aklimatyzacji i selekcji odmian zagranicznych. W miarę wyczerpywania się tych dwóch źródeł materiału wyjściowego i specjalizowania się kierunków hodowlanych w miejsce selekcji istniejących już materiałów wchodzi metoda krzyżowania. Dostarcza ona hodowcy nowego, nieraz bardzo cennego materiału wyjściowego do selekcji — przede wszystkim zaś wówczas, kiedy chodzi o połączenie w przyszłej odmianie pewnych ściśle określonych, gospodarczo ważnych cech występujących u dwóch różnych form rodzicielskich. W wyniku ich skrzyżowania hodowca uzyskuje nowe kombinacje cech, nowe genotypy, przedstawiające cenny materiał do selekcji.

Warunkiem udania się krzyżówki jest z jednej strony znajomość biologii kwitnienia i zapylania, a z drugiej zastosowanie odpowiedniej techniki kastracji i sztucznego zapylania. W związku z tym, że w polskiej literaturze hodowlanej zagadnienia te nie zostały dotąd u jęczmienia szerzej opisane — uważam za celowe podanie wyników niektórych prac zagranicznych jak też i własnych obserwacji i badań wstępnych nad metodyką wykonywania krzyżówek generatywnych.

BIOLOGIA KWITNIENIA I ZAPYLANIA

Kwiatostan jęczmienia *Hordeum sativum* J e s s. zbudowany jest z osadki kłosowej i jednokwiatkowych kłosek, ułożonych na niej naprzemianlegle po 3 na poszczególnych piętorkach. Kłosek środkowy jest zazwyczaj największy i zawsze płodny, a 2 kłoski boczne u poszczególnych podgatunków wykształcone są w różnym stopniu. Europejskie odmiany uprawne dzielimy według stopnia płodności kłosek bocznych na formy wielorzędowe (*H. polystichum*), u których na poszczególnych piętorkach płodne są wszystkie 3 kłoski (ryc. 1.), oraz formy dwurzędowe (*H. disti-*

chum), u których z każdego trojaczka płodny jest tylko kłosek środkowy, a dwa boczne są płonne.

Pojedynczy kłosek składa się z dwóch zredukowanych, wąskich lancetowatych plew (*glumae*) i kwiata. Kwiatek zbudowany jest z plewki dolnej (*palea inferior*), zakończonej u odmian ościstych ością oraz plewki górnej (*palea superior*), objętej przez plewkę dolną. W obrębie plewek

Ryc. 1. Kwiatek środkowy u *H. polystichum* w stadium kwitnienia (celem odsłonięcia organów płciowych usunięto plewkę dolną)

mieszczą się organy płciowe (słupek i 3 pręciki) oraz dwie łuszczyki miodnikowe (*lodiculae*). Słupek będący organem żeńskim posiada silnie zredukowaną szyjkę i praktycznie możemy w nim wyróżnić zalążnię oraz dwa piórkowate znamiona. U podstawy słupka mieszczą się dwie łuszczyki miodnikowe, stanowiące mechanizm, który rozwiera i zamyka plewki w czasie kwitnienia.

Jęczmień jest rośliną samopylną podobnie jak owies i pszenica. W naszych warunkach klimatycznych pylniki dojrzewają i pękają zazwyczaj przed wydostaniem się kłosa z pochwy liściowej. Formy jare o ziarnie okrytym plewką typu var. *erectum* S c h ü b l. mają w kwiatach środkowych bardzo małe, a w bocznych zmarniałe łuszczyki miodnikowe, stąd prawie zawsze kwitną przy zamkniętych plewkach. Formy luźnokłose typu var. *nutans* S c h ü b l. i *H. vulgare* L. zakwitają u nas na ogół bardzo rzadko z otwartymi plewkami. U var. *nutans* S c h ü b l. łuszczyki

Ryc. 2. Słupek z dwoma pierzastymi
znamionami, poniżej dwie łuszczyki
miodnikowe

miodnikowe są wprawdzie stosunkowo duże, ale większość kwiatków środkowych zakwita przy zamkniętych plewkach, gdy kłos tkwi jeszcze w pochwie liściowej. Wobec tego znamiona otwierających się kwiatków są już prawie zawsze opylone własnym pyłkiem. Wyjątkowo przy bardzo szybkim kłoszeniu kwiatki środkowe kwitną z otwartymi plewkami. Kąt rozwarcia plewek wynosi według F r u w i r t h a (1922) 10 do 15 stopni. Kwiatki kłosków bocznych, które z reguły zakwitają później i kwitną z szeroko rozwartymi plewkami (35 do 50 stopni), wysuwają pręciki na zewnątrz, pylą obficie i mogą dostarczać pyłku dla spontanicznych skrzyżowań — zwłaszcza u później zakwitających kwiatków szczytowych i dolnych rzędu środkowego. U *H. vulgare* kwiatki boczne zaczynają kwitnąć

przed ukończeniem kwitnienia rzędu środkowego. Rozwarcie plewek u jednych i drugich jest większe niż u jęczmienia 2-rzędowego. Pylniki wewnątrz kwiatka otwierają się wcześniej, zazwyczaj jeszcze przed rozpoczęciem wydłużania się nitek, stąd pyłek osypuje się często jeszcze przed zakwitnięciem na dojrzałe znamiona słupka, co decyduje o samozapylianiu. Przy kilkakrotnym wysiewie w kolekcji kilkuset różnych 2- i 4-rzędowych odmian obok siebie, w warunkach szkółkowych, a więc sprzyjających obcozapyleniu, zauważyłem zaledwie dwa przypadki spontanicznego skrzyżowania, a to u var. *persicum* K ö r n i u var. *macrolepis* A. Br. Jak wynika z powyższych danych, kłos jęczmienia jarego kwitnie w naszych warunkach klimatycznych zazwyczaj w pochwie liściowej i w momencie wynurzenia się kłosek szczytowych z pochwy jest on już okwitnięty, a kwiatki zapylone i zapłodnione.

Na rozpoczęcie kwitnienia wywierają znaczny wpływ: temperatura i wilgotność powietrza. Przy gorącej i suchej pogodzie jęczmiona jare kwitną zawsze w pochwie liściowej. Pogoda wilgotna i chłodna opóźnia wprawdzie moment kwitnienia, ale wtedy plewki nie rozchylają się i nie może dojść do obcozapylenia. Jęczmiona ozime i niektóre odmiany jęczmion jarych w razie nagłego ocieplenia się, następującego po dłuższym okresie deszczów, kłoszą się szybko i zakwitają już po wyjściu kłosa z pochwy liściowej. W praktyce często określa się porę kwitnienia w momencie wychylania się końców pylników pomiędzy plewek. Istotnie przy szybkim kłoszeniu nitki przecikowe wydłużają się bardzo szybko, ale dojrzałe pylniki pękają znacznie wcześniej i osypują pyłek na rozwarte, pierzaste znamiona słupka. W momencie kiedy końce pylników ukazują się między końcami plewek, jest już zazwyczaj po zapłodnieniu i do obcozapylenia dojść nie może. Mimo tej tak silnie zaznaczonej samopylności zdarzają się jednak w naszych warunkach przypadki spontanicznego skrzyżowania, częściej u *H. vulgare* L., rzadziej u var. *nutans* S c h ü b l. i o absolutnej samopylności u jęczmienia nie może być mowy. Między odmianami istnieją pod tym względem wyraźne różnice. S t e v e n s o n (1928) stwierdził, że w warunkach optymalnych dla obcozapylenia procent spontanicznych skrzyżowań wahał się w zależności od odmiany w granicach 0,0—0,15%. Większą skłonność do obcozapylenia wykazują przy tym jęczmiona o luźnym kłosie oraz jęczmiona nagie i bezostne. R o b e r t s o n i D e m m i n g stwierdzili np. u odmiany *deficiens nudideficiens* (u nas w uprawie nie występuje) w roku 1928 — 20,70%, a w roku 1929 — 5,650% spontanicznych skrzyżowań. Ogólnie należy jednak stwierdzić, że w naszych warunkach klimatycznych nieznaczna skłonność jęczmienia do obcozapylenia nie odgrywa roli w praktycznej hodowli. Niemniej jednak należy się z nią liczyć i w związku z tym przy wykonywaniu krzyżówek stosować izolatory.

W obrębie pojedynczej rozkrzewionej rośliny najpierw zakwita kłos na pierwszym źdźble, a potem kwitną następne kłosy w kolejności krzewienia. W obrębie kłosa zakwitają najpierw kłoski środkowe, a zazwyczaj dopiero po ich okwitnięciu kwitną kłoski boczne. Kwitnienie rozpoczyna się w środkowej partii kłosa i stąd przesuwają się stopniowo w obydwóch kierunkach ku górze i ku dołowi. Kwitnienie całego kłosa trwa kilka dni. Osypane z pylników ziarna pyłku spadają na włoszek znamienia, przylepiają się do niego i przy temperaturze $+21$ do $+27^{\circ}\text{C}$ (Pope, 1944) kiełkują w ciągu kilku minut w łagiewkę pyłkową, która przez światło włoska, a potem przez tkanki słupka kieruje się do zalążka. Okres czasu, jaki upływa od zapylenia do zapłodnienia, jest różny i zależy od temperatury. W temperaturze $+27^{\circ}\text{C}$ obserwował Pope (1944) plemniki w woreczku zalążkowym już po 20 minutach od momentu zapylenia. Natomiast w temperaturze $+5^{\circ}\text{C}$ zapłodnienie następowało dopiero po 140 minutach. Niska temperatura w czasie kwitnienia przedłuża wzrost łagiewki pyłkowej, opóźnia moment zapłodnienia i moment pierwszego podziału zapłodnionej komórki jajowej. Pope stwierdza, że pierwszy podział zapłodnionej komórki jajowej następuje w temperaturze około $+24^{\circ}$ po upływie 13 do 14 godzin od zapylenia i w tym terminie radzi stosować bodźce zewnętrzne dla uzyskania poliploidów.

Proces kwitnienia rozpoczyna się między godziną 5 a 6 rano, zależnie od temperatury wcześniej lub później, i przebiega najintensywniej mniej więcej do godziny 9-ej. Po południu rozpoczyna się druga faza intensywnego kwitnienia, która trwa do godziny 17-ej.

METODY KASTRACJI I ZAPYLANIA

Kastracja i sztuczne zapylenie jęczmienia jest zabiegiem dość trudnym i pochłaniającym sporo czasu. Dlatego hodowca winien wybrać taką metodę pracy, która gwarantuje mu wysoki procent udanych zapyleń i daje normalnie wykształcone i dobrze wypełnione ziarno. Dobre osadzenie ziarna pozwala na zmniejszenie ilości zapyleń, co zmniejsza nakład pracy i pozwala na racjonalne wykorzystanie materiału form rodzicielskich, którego hodowca nie zawsze ma dostateczną ilość. Z drugiej strony nasiona uzyskane ze skrzyżowania winny być o ile możliwości normalnie wykształcone tak jak nasiona form rodzicielskich użytych do krzyżówki. Hodowca ma w tym przypadku możliwość porównania roślin F_1 z ich formami rodzicielskimi, co wielokrotnie już w F_1 pozwala mu usunąć te produkty krzyżówek, które uważa za nieodpowiednie dla swoich celów.

Kastrację i sztuczne zapylenie należy przeprowadzać na dobrze rozwiniętych roślinach. Ze względu na to, że pyłek utrzymuje najczęściej zdolność kiełkowania przez 48 godzin (zależy to od temperatury i wilgot-

ności powietrza) — moment kwitnienia form rodzicielskich winien przypadać w tym samym czasie. Zazwyczaj pora kwitnienia krzyżowanych partnerów znana jest hodowcy z uprzednich obserwacji w szkółkach. Różnice w porze kwitnienia mogą być niekiedy znaczne (u jęczmion ozimych i jarych mogą one dochodzić do czterech tygodni). W tym przypadku nie należy dostosowywać pory kwitnienia matki, bo powoduje to zazwyczaj gorsze wykształcenie ziarna mieszańca. Natomiast staramy się przesunąć moment kwitnienia rośliny ojcowskiej, stosując w tym celu różne terminy siewu, krótki dzień lub przycinanie roślin dla zahamowania tempa rozwoju generatywnego, czy też jarowizację dla jego przyspieszenia. Jeżeli mimo tych zabiegów krzyżowani partnerzy nie zakwitają w tym samym czasie, to dla zebrania pyłku można wykorzystać niedogony u formy ojcowskiej, nigdy jednakże nie należy wykorzystywać niedogonów u formy matecznej.

Według P o p e (1944) krzyżówki udają się nawet na obciętych kłosach przetrzymywanych z częścią źdźbła w wodzie destylowanej. Wykształcenie ziarna mieszańców jest w tym przypadku słabe, a jego waga wynosi zazwyczaj około 1/3 wagi normalnego ziarna. Posiada ono jednakże stosunkowo dobrą siłę kiełkowania.

W literaturze hodowlanej podane są opisy trzech metod wykonywania kastracji i sztucznego zapylania. W latach 1953 do 1955 zająłem się sprawdzeniem przydatności tych metod dla praktycznej hodowli. Różnią się one techniką wykonania kastracji.

Metoda pierwsza podana przez I s e n b e c k a i H o f f m a n n a (1942) polega na rozchyłaniu plewek przy kastracji i sztucznym zapylaniu.

Metoda druga opisana przez T s c h e r m a k a E. (1921) polega na obcinaniu górnej części kłosek wraz z ośmi i w dalszym ciągu będę ją nazywał metodą T s c h e r m a k a.

Metoda trzecia, polegająca na nacinaniu plewki dolnej została opisana przez B o n n e t t O. T. (1938) i stąd będę ją dla uproszczenia nazywał metodą B o n n e t t.

Wybór momentu wykonania zabiegów przygotowawczych do krzyżowania na roślinie matecznej jest dla wszystkich metod wspólny. Formę przeznaczoną na matkę należy przed kwitnieniem wykastrować w momencie, kiedy pylniki mają barwę zieloną lub lekko żółtą. Właściwy moment wykonywania kastracji przypada u poszczególnych odmian w różnym czasie. Jęczmień ozimy, który z zasady kłosi się wcześniej i przy niższej temperaturze, kwitnie najczęściej wówczas, gdy kłosy wyszły już z pochwy liściowej. Jego plewki są już nieco twardsze, stąd sam zabieg kastracji jest łatwiejszy do przeprowadzenia. Natomiast jęczmień jary — zwłaszcza przy gorącej i suchej pogodzie — kwitnie wewnątrz pochwy liściowej. W tym przypadku trzeba wydobyć z pochwy liściowej jeszcze

bardzo młode i delikatne kłosa w momencie, kiedy ości wysuną się z pochwy na 3 do 4 cm (ryc. 3a). Przy zimnej i wilgotnej pogodzie kastrację można o kilka dni opóźnić. Plewki są już wówczas nieco twardsze, stąd sam zabieg jest łatwiejszy do przeprowadzenia, a kłos cierpi mniej

Ryc. 3. Trzy etapy kastracji

a — stadium rozwoju kłosa, w którym należy wykonywać kastrację u 2-rzędowego jęczmienia jarego, b — kłos przygotowany do kastracji metodą Bonnett, c — torebka izolacyjna z celofanu chroni wykastrowany kłos przed obcozapyleniem

od mechanicznych uszkodzeń. Zbyt wczesne wykonywanie kastracji u jarych nie jest korzystne, bo kłos w tym stadium jest zbyt wiotki i miękki, a tkanki delikatne i kruche, wskutek czego kłos łatwo ulega uszkodzeniu i często zasycha.

Kłosa wybrane do kastracji winny być mocne, dobrze rozwinięte, mieć dobrze wykształcone i nabrzmiałe kwiatki, a ich tkanki powinny się znajdować w początkach twardnienia. Operowanie kłosów o miękkich i łamliwych plewkach nie rokuje powodzenia.

W momencie odpowiednim do kastracji należy delikatnie zdjąć z kłosa pochwę liściową i obciąć ją na wysokości pierwszego człona osadki kłosowej. Jeżeli kłos jest jeszcze zbyt wiotki, by mógł się samodzielnie utrzymać w pozycji pionowej, względnie jeżeli zachodzi niebezpieczeństwo uschnięcia kłosa, należy pochwę liściową odsunąć delikatnie z kłosa, nie obcinając jej u dołu, a po wykonaniu kastracji otulić nią kłos z powrotem.

Dalsze przygotowanie kłosa do kastracji polega na usunięciu kłosków bocznych oraz słabiej rozwiniętych kłosków środkowych u podstawy i na szczycie kłosa (ryc. 3b). Niektóre jęczmiona — szczególnie wielorzędowe — źle znoszą obrywanie kłosków bocznych i reagują na nie zasychaniem kłosów. Dlatego Tschermak E. (1921), wykorzystując fakt, że kłoski boczne kwitną później od środkowych — radzi je pozostawiać bez kastracji — z tym, że wykastrowane kwiatki środkowe winny być zapyłone przed zakwitnięciem kwiatków bocznych. Jeżeli to jest niemożliwe, należy wykastrować wszystkie pozostawione kwiatki — zarówno środkowe jak i boczne. Kwiatki rzędu środkowego u podstawy i na szczycie kłosa kwitną później i na ogół dają gorsze osadzenie ziarna, dlatego przed kastracją należy je odrzucić. Wszystkie kwiatki pozostawione w kłosie znajdują się mniej więcej w jednakowym stadium rozwoju, a ich znamiona dojrzewają równocześnie, dzięki czemu można je kastrować i zapyłać równocześnie w całym kłosie.

Dalsze zabiegi w poszczególnych metodach są już zróżnicowane. Według metody pierwszej należy delikatnie rozchylić plewkę i naciskając palcem na ich szczyt usunąć z kwiatka pylniki. Wielokrotne próby przeprowadzenia tego zabiegu kończyły się zazwyczaj — zwłaszcza u dwurzędowych jęczmion okrytych plewką — niepowodzeniem. Plewka dolna obejmuje bowiem tak ściśle plewkę górną, że trudno je od siebie oddzielić. W wyniku tego miękkie i kruche plewki najczęściej łamią się i rozrywają, co w rezultacie nie tylko utrudnia kastrację i zapylenie, ale prowadzi do uszkodzenia znamion i plewek. W rezultacie uzyskuje się nie tylko gorsze osadzenie ziarna (10—20%), lecz najczęściej zasychanie całych kłosów. Dlatego ta metoda otwierania kwiatków przy kastracji wydaje się być nieodpowiednia, zwłaszcza jeżeli chodzi o jęczmiona typu *var. nutans* Schübl. i *var. erectum* Schübl. Mogłaby ona oddać pewne usługi przy kastracji jęczmienia nieoplewionego, u którego zwarcie plewek jest nieco luźniejsze.

Według metody Tschermaka (1921, 1941) obydwie plewki kłosów przeznaczonych od kastracji obcina się nożyczkami chirurgicznymi na wysokości 1/2 lub 1/3 ich długości wraz z ośmi, ponad końcami pylników. Przez uzyskany w ten sposób otwór dokonuje się kastracji, a potem zapylenia.

W trzeciej metodzie podanej przez Bonnett O. T. (1938) wykonuje się skalpelem lub ostro zakończonymi nożyczkami chirurgicznymi podłużne cięcie na plewce dolnej, pomiędzy nerwem środkowym a sąsiadującym z nim nerwem bocznym. Przez uzyskaną w ten sposób szparę dokonuje się kastracji przy pomocy delikatnej zakrzywionej pensety, a po dojrzeniu organów żeńskich tą samą drogą dokonuje się zapylania.

Ryc. 4. Fragmenty dojrzałego kłosa kastrowanego i zapylonego metodą Bonnett (u dwóch kwiatków dolnych (b) obłamano ości celem odsłonięcia cięcia na plewce dolnej)

Obydwie te metody kastracji i zapylania mają swoje zalety i wady, które omówię oddzielnie w oparciu o własne obserwacje. Dalsze postępowanie jest dla wszystkich metod wspólne. Kastrację wykonuje się przy pomocy pensety, usuwając skrupulatnie z każdego kwiatka 3 nie uszkodzone pylniki. Jeżeli pylniki są już żółtozielone, to należy je wyjąć w całości, gdyż pyłek w tym stadium jest już zdolny do zapłodnienia i przy nieostrożnym kastrowaniu łatwo może dojść do samozapylania. Kłos należy kastrować systematycznie bez przerw w pracy, najpierw z jednej, a potem z drugiej strony, przesuwając się od dołu ku górze, by w czasie kastracji nie ominąć któregoś kwiatka.

Najodpowiedniejszą porą dnia do wykonywania kastracji jest późne popołudnie i godziny wieczorne. W tej porze dnia zranione kwiatki i od-

kryte znamiona nie zasychają tak szybko, a sam proces kwitnienia ulega zahamowaniu z powodu braku dostatecznej ilości światła, co zmniejsza prawdopodobieństwo przypadkowego zapylenia pyłkiem sąsiednich roślin. Jeżeli krzyżówki przeprowadza się w hali wegetacyjnej, to w razie suszy dobrze jest nasycić powietrze wilgocią. Krzyżówki przeprowadzane przy dużej wilgotności powietrza udają się lepiej. Stąd też krzyżówki wykonywane w polu w latach suchych udają się gorzej niż w latach wilgotnych. Na wykastrowane kłosa zakłada się izolatory z celofanu w celu zabezpieczenia kwiatków przed obcozapyleniem (ryc. 3c). Zbyt szerokie torebki celofanowe stawiają przy wietrze za duży opór, co grozi złamaniem kłosa. Najbardziej odpowiednim materiałem na izolatory jest przeźroczysty celofan, gdyż umożliwia on dostęp światła do kłosa. Światło odgrywa bowiem dużą rolę w procesach kwitnienia, zapładniania i wreszcie jest one niezbędne dla normalnego przebiegu asymilacji, zachodzącej w zielonych częściach kłosa. Zarówno izolatory z papieru pergaminowego, jak i izolatory szklane nie są wskazane. Zazwyczaj akumulują one zbyt dużo wilgoci i sprzyjają powstawaniu zbyt wysokiej temperatury wewnątrz izolatora, co wpływa ujemnie na przebieg zapłodnienia. D r a h o r a d F. (1949) zaleca nakłucie torebki celofanowej delikatną igielką. Uzyskane w ten sposób otworki umożliwiają wymianę powietrza z otoczeniem, chroniąc równocześnie w sposób wystarczający wykastrowany kłos przed obcozapyleniem.

Najbardziej odpowiednim momentem do zapylenia wykastrowanych kłosów jest moment częściowego rozwierania się plewek, wywołanego przez napęczenie łuszczyk miodnikowych. Przy krzyżowaniu wykonywanym w polu występuje ono po upływie 1 do 3 dni od wykonania kastracji. W tym momencie znamię jest już dojrzałe i gotowe do przyjęcia pyłku. Przy chłodnej pogodzie znamiona utrzymują zdolność do zapylenia przez czas dłuższy. Harlan H. i Anthony S. (1920) określają najwłaściwszy moment zapylenia według pęknięcia pylników. I tak w Idaho w warunkach polowych przy zapyłaniu na jeden dzień przed naturalnym pęknięciem pylników uzyskiwali oni 52%, przy zapyłaniu w dniu pęknięcia pylników 87%, oraz 100% osadzenia ziarna, jeżeli zapyłali po upływie jednego dnia od momentu naturalnego pęknięcia pylników w danym kłosie. Pyłek powinien być dojrzały i świeży, to znaczy winien być o ile możliwości pobrany bezpośrednio z pylników rośliny ojcowskiej, zebranych w momencie ich pęknięcia.

W celu uzyskania pyłku wybiera się w odmianie ojcowskiej nieco starsze kłosa, które zaczynają kwitnąć. T s c h e r m a k E. (1921) zaleca zastosowanie następującej metody celem przyspieszenia kwitnienia rośliny ojcowskiej. Kwiatki kłosa, z którego ma być pobrany pyłek, należy odsłonić przez obcięcie górnych końców plewek, względnie usunięcie

plewki dolnej celem poddania organów rozrodczych działaniu promieni słonecznych. Pod wpływem słońca pylniki w dojrzałych kwiatach szybko wysuwają się na zewnątrz i pękają. Wtedy można je łatwo zebrać i użyć bezpośrednio do zapylenia. Przy pochmurnej pogodzie, względnie w godzinach wieczornych zaleca T s c h e r m a k E. (1941) w celu uruchomienia procesu kwitnienia w kłosach dojrzałych do zakwitnięcia ogrzanie kłosa w zamkniętej dłoni lub ogrzanie go przez chuchanie. Zapylenie przeprowadza się przez nanoszenie na znamiona wykastrowanych kwiatków pyłku przy pomocy stalówki, pędzelka lub specjalnych rozpylaczy, przez pocieranie znamienia pękniętym pylnikiem (T s c h e r m a k E., 1921) lub wreszcie przez włożenie do każdego kwiatka pękającego pylnika, zwróconego otwartym końcem w stronę znamienia (P o p e M. N., 1944). Celem zapewnienia sobie dobrego osadzenia ziarna radzi T s c h e r m a k E. (1941) powtarzać zapylenie tego samego kwiatka 2 lub 3-krotnie. Według obserwacji autora najlepiej jest zapylać dojrzałymi pylnikami. Nie należy ich przy tym przenosić bezpośrednio z rośliny ojcowskiej do wykastrowanych kwiatków. Dojrzałe pylniki najlepiej jest zebrać w dostatecznej ilości do małego naczynka, bezpośrednio potem dobrze je z sobą wymieszać, by się dokładnie opudrowały pyłkiem osypanym z pękających pylników. Dojrzałe, posiadające turgor, wypełnione pyłkiem pylniki należy wkładać w całości do wykastrowanych kwiatków. Przy tego rodzaju zapyłaniu zwiększa się jego skuteczność, bo z jednej strony może natychmiast zapylić dojrzały pyłek znajdujący się na powierzchni pylników, a z drugiej pyłek, który nieco później osypie się z pylników. Przy tego rodzaju jednorazowym zapyłaniu można uniknąć powtarzania tego zabiegu, co wpływa zawsze ujemnie na delikatne i nadwerężone już przy kastracji kwiatki. Zapylenie przy równoczesnym użyciu 2 lub 3 pylników w różnym stadium dojrzałości, opudrowanych dojrzałym pyłkiem, daje ponad 90% osadzenia ziarna.

Zapylony kłos należy ponownie zaizolować torebką izolacyjną, przywiązać ruchomo do palika dla ochrony przed złamaniem i opatrzyć etykietką, na której wypisuje się zwykłym ołówkiem: datę kastracji i zapyłania, nazwy obydwu rodziców oraz w razie potrzeby znak osoby wykonującej krzyżówkę. Torebkę izolacyjną pozostawia się na kłosie do momentu zawiązania ziarna, a w razie konieczności ochrony przed ptactwem może ona pozostać aż do zbioru.

Przy wykonywaniu bezpośrednio po sobie różnych krzyżówek trzeba pamiętać o dezynfekcji alkoholem rąk, penset, nożyczek i naczynka do zbierania pyłku. Przed przystąpieniem do dalszej pracy muszą one być suche, bo alkohol zabija zdolność kiełkowania pyłku.

Odrębną metodą kastracji jest metoda wprowadzona przez radzieckiego biologa D o ł g u s z i n a D. A. (1938). Opracował on specjalną technikę

masowej kastracji dla gatunków roślin samopylnych (szczególnie dla pszenicy i jęczmienia), która ma zastosowanie przy swobodnym zapyleniu w krzyżówkach wewnątrz- i międzyodmianowych. W tej metodzie nie usuwa się pylników z poszczególnych kwiatków przy pomocy pensety, jak to ma miejsce w uprzednio opisanych metodach, lecz obcina się je nożyczkami w stanie niedojrzałym wraz z plewkami, stosując cięcie parę milimetrów ponad znamieniem. W następstwie tego zabiegu pylniki zasychają. Wykastrowane w ten sposób kwiatki poddaje się następnie sztucznemu, względnie spontanicznemu zapyleniu obcym pyłkiem. Według *Nikitenki* G. F. (1952) metoda ta opracowana zasadniczo dla pszenicy jest mało przydatna dla jęczmienia, kwitnącego zazwyczaj w pochwie liściowej. Dlatego zaleca on przy przeprowadzaniu krzyżówek wewnątrzodmianowych u jęczmienia 2-rzędowego normalną kastrację kwiatków w kłoskach środkowych z pozostawieniem niekastrowanych kłosek bocznych, które dostarczają pyłku niezbędnego do uzyskania spontanicznych skrzyżowań. Metoda ta miałaby według *Nikitenki* szczególne zastosowanie w krzyżówkach wewnątrzodmianowych u jęczmienia 2-rzędowego.

WPLYW RÓŻNYCH METOD KASTRACJI NA OSADZENIE I WAGĘ ZIARNA

Wstępne obserwacje nad skutecznością metod kastracji opisanych przez *Tschermaka* i *Bonnett* przeprowadzono w 1953 r. na dwunastu krzyżówkach wykonanych między 2-rzędowymi formami jarymi typu *var. nutans* *Schübl.* oraz na siedmiu krzyżówkach między wielorzędowymi formami jarymi i ozimymi. W obydwóch grupach wykonywano krzyżowanie na dwóch kłosach metodą *Tschermaka* i na dwóch metodą *Bonnett*. Rośliny użyte do krzyżówek wysiano do gruntu w hali osiatkowanej w ogrodzie doświadczalnym Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa w Krakowie. Po normalnym przygotowaniu wstępnym kłosew obcinano przy kastracji według metody *Tschermaka* w pozostawianych do krzyżowania kłoskach środkowych $1/4$ długości plewek wraz z ośmi. Stosowano cięcie ukośne, gdyż ułatwia to później usunięcie wszystkich trzech wysuwających się z kwiatka pylników za jednym chwytem pensety chirurgicznej. Kastrację wykonywano wieczorem. Zapylano na trzeci dzień rano przez włożenie do każdego wykastrowanego kwiatka dojrzałych pylników, opudrowanych pyłkiem rośliny ojcowskiej.

Przy otwieraniu kwiatków do kastracji według metody *Bonnett* przecinano w każdym kwiatku podłużnie plewkę dolną między nerwem środkowym i bocznym. Cięcie można wykonać zarówno ostrym skalpelem, jak też ostro zakończonymi nożyczkami. Trzeba je wykonać ostrożnie, by

przy tym nie uszkodzić słupka. Przez uzyskaną w ten sposób szparę kastrowano kwiatki, a na trzeci dzień dokonywano zapylenia dojrzałymi pylnikami. Po zapyleniu należy pociągnąć kłos kciukiem i palcem wskazującym od dołu do góry, by w ten sposób przy zastosowaniu lekkiego nacisku zamknąć szczeliny powstałe w miejscu nacięcia plewki dolnej.

Ryc. 5. Wpływ metody kastracji na wielkość ziarna

a — kłos kontrolny rośliny matecznej (ziarno normalne), *b* — kłos kastrowany metodą Tschermaka (ziarno drobne, słabo wypełnione), *c* — kłos kastrowany metodą Bonnett (ziarno prawie normalnie wykształcone)

Do kastracji, przeprowadzanej tą metodą, potrzebna jest cienko zakończona penseta chirurgiczna o zakrzywionych końcach posiadających na ścianach wewnętrznych delikatne rowki. Sam zabieg kastracji jest trudniejszy niż w poprzedniej metodzie i wymaga pewnej wprawy. Pylniki trzeba niekiedy wyjmować pojedynczo, przy czym u niektórych odmian tkwią one w załomach plewek, co utrudnia ich wyjęcie. W związku z tym kastrację należy przeprowadzać w nieco wcześniejszym stadium, gdy pyl-

niki są jeszcze zielone, bo przy manipulowaniu pensetą wewnątrz kwiatka zdarza się, że nie zawsze uda się wyjąć pylnik w całości.

Po zbiorze okazało się, że skuteczność obu metod wykonywania krzyżówek jest różna zarówno pod względem procentu kwiatków, które osadziły nasiona, jak i pod względem wypełnienia ziarna (ryc. 5). Procent kwiatków, które osadziły nasiona przy obcinaniu plewek wraz z cśmi, wahał się w krzyżówkach form 2-rzędowych — w zależności od krzyżówki — w granicach 34—67% (przeciętnie wynosił 48%). W kłosach, w których otwierano plewki do kastracji przez przecięcie plewki dolnej, procent kwiatków płodnych wahał się w granicach 64—96% (przeciętnie wynosił 89%). W krzyżówkach jęczmion wielorzędowych procent kłosek płodnych był przy obydwu metodach niższy. Przy zastosowaniu metody *Tschermaka* wahał się w granicach 32 do 56% (przeciętnie 41%), a przy metodzie *Bonnett* w granicach 52 do 98% (przeciętnie 84%). Stosunkowo niski procent udanych zapyeń był niewątpliwie spowodowany tym, że krzyżówki wykonywano w okresie suszy i panujących upałów, jakie charakteryzowały 1953 rok.

Nadwyżka kwiatów, które zawiązały nasiona w krzyżówkach form 2-rzędowych, wynosiła 41%, a w krzyżówkach form wielorzędowych 43% na korzyść metody *Bonnett*. Obydwie metody dały ziarno gorzej wypełnione niż ziarno w normalnych kłosach kontrolnych rośliny matecznej, przy czym przy zastosowaniu metody *Tschermaka* ziarno mieszańców było zarówno w krzyżówkach form 2-, jak i wielorzędowych prawie o połowę mniejsze od ziarna uzyskanego z kłosek kontrolnych i wyraźnie gorzej wypełnione niż w kłosach, na których zastosowano kastrację metodą *Bonnett*. Dała ona bowiem ziarno nieznacznie mniejsze od ziarna z kłosek kontrolnych. Ścisłych oznaczeń wagi 1000 ziarn nie przeprowadzano.

W związku z tym, że krzyżówki wykonywano na różnych odmianach i w różnych terminach, przy wyższej i niższej temperaturze i wilgotności powietrza obserwacje powyższe mają raczej charakter orientacyjny. Pozwalają one na wyciągnięcie wniosków natury ogólnej, natomiast nie upoważniają do wyciągania ścisłych wniosków odnośnie oceny wartości obydwu metod.

W 1955 r. wykonano ściślejsze doświadczenia, mające na celu określenie wpływu, jaki wywierają różnego rodzaju uszkodzenia kłosek i kwiatków na wagę 1000 ziarn. W doświadczeniu zastosowano metodykę podaną przez O. T. *Bonnett* (1938). Badania przeprowadzono na 2-rzędowej odmianie „Skrzeszowicki“, typu var. *nutans* *Schübl.* oraz na wielorzędowej odmianie „Granum 6-rzęd.“, typu *Hord. vulgare* L., które wysiano w warunkach szkółkowych.

U obydwu odmian przed zakwitnięciem, w stadium, w którym prze-

prowadza się normalnie kastrację, wykonano różnego rodzaju uszkodzenia kłosek, które poddano następnie samozapyleniu. Różne kombinacje uszkodzeń i ich wpływ na wagę 1000 ziarn przedstawiono w tabeli 1 i 2.

Na odmianie „Skrzeszowski” zastosowano na całych kłosach różne kombinacje uszkodzeń, które wywołały następującą obniżkę wagi 1000 ziarn w porównaniu z wagą ziarna z kłosów kontrolnych:

oberwanie kłosek bocznych	5,14%
obcięcie ości	15,54%
podłużne cięcie na plewce dolnej wg metody Bonnett	18,23%
obcięcie końców plewek wraz z ością wg metody Tschermaka	40,09%

W porównaniu z nie uszkodzonymi kłosami kontrolnymi obcięcie kłosek bocznych obniża najslabiej wagę 1000 ziarn, usunięcie ości daje nieznacznie mniejszą obniżkę wagi ziarna niż nacinanie plewki dolnej, natomiast obcięcie końcówek plewek wraz z ością daje przeszło dwukrotnie większą obniżkę wagi ziarna niż podłużne nacięcie plewki dolnej. W kombinacji 6 i 7 (tab. 1) badano wpływ uszkodzenia kłosa na tych samych kłosach, traktując każdą połowę kłosa oddzielnie. Porównanie wpływu różnych sposobów ranienia obydwóch połówek w obrębie tego samego kłosa pozwala na dokładniejszą ocenę wpływu zranienia kwiatka przy różnych sposobach kastracji. W kombinacji 6 uszkodzenie połówek kłosa przygotowanych do kastracji metodą Tschermaka obniżyło wagę ziarna w stosunku do wagi ziarna z drugiej połowy kłosa, w której oberwano tylko kłoski boczne o 42,39%. W kombinacji 7 jedną połowę kłosów, w których usunięto kłoski boczne, przygotowano do kastracji metodą Tschermaka, a drugą metodą Bonnett. Odchylenie wagi 1000 ziarn wynosi w tym przypadku 50,8% na korzyść metody Bonnett. Podobną relację odchylen obliczonych w stosunku do kłosów kontrolnych dały obydwie metody wówczas, kiedy różne sposoby ranienia zastosowano na całych kłosach, a mianowicie: metoda Tschermaka 45,23%, a metoda Bonnett 23,37%. Jak wynika z powyższych zestawień, przygotowanie kłosów do kastracji metodą Tschermaka daje przeciętnie dwa razy większą obniżkę wagi 1000 ziarn niż w przypadku zastosowania metody Bonnett.

Podobne wyniki uzyskano u odmiany „Granum 6-rzęd.”, u której zranienie kwiatków metodą Tschermaka obniżyło wagę 1000 ziarn w stosunku do kłosów kontrolnych o 54,83%, podczas gdy przy zastosowaniu podłużnego cięcia na plewce dolnej według metody Bonnett ubytek wagi 1000 ziarn wyniósł 20,90% w stosunku do wagi ziarna z kłosów środkowych, pochodzących z kłosów kontrolnych.

Przyczyną gorszego osadzenia i wypełnienia zawiązanego ziarna przy zastosowaniu metody Tschermaka zdaje się być przede wszystkim

TABELA 1

Waga 1000 ziarn u odmiany „Skrzeszowski” przy różnego rodzaju uszkodzeniu kwiatków, poddanych samozapyleniu

Nr kombinacji	Rodzaj uszkodzenia:	Liczba połówek (powtórzeń)	Waga 1000 ziarn	Odchylenie *	
				w g	w %
1	Kłosa normalne bez uszkodzeń (kontrola)	20	43,669	—	—
2	Usunięto kłosa boczne	16	41,423	— 2,246	— 5,14
3	Usunięto kłosa boczne oraz ości na kłoskach środkowych	16	34,638	— 9,031	— 20,68
4	Usunięto kłosa boczne i wykonano cięcie na plewce dolnej środkowego kłosa (met. Bonnett)	16	33,462	— 10,207	— 23,37
5	Usunięto kłosa boczne końce plewek kłosków środkowych obcięto wraz z ościami (met. Tschermaka)	14	23,915	— 19,754	— 45,23
6	Usunięto kłosa boczne w całym kłosie: połowa kłosa „kastrowana” metodą Tschermaka	6	27,097	+ 11,488	+ 42,39
	połowa kłosa normalna	6	38,585		
7	Usunięto kłosa boczne w całym kłosie: połowa kłosa „kastrowana” metodą Tschermaka	6	21,316	+ 10,846	+ 50,88
	połowa kłosa „kastrowana” (met. Bonnett)	6	32,162		

* Odchylenie w kombinacjach: 1,2,3,4,5 obliczono w stosunku do kłosów kontrolnych, a w kombinacjach 6 i 7 w stosunku do wartości uzyskanej przy zastosowaniu uszkodzania kłosów metodą Tschermaka.

TABELA 2

Waga 1000 ziarn u odmiany „Granum 6-rzęd.” przy różnego rodzaju uszkodzeniu kwiatków poddanych samozapyleniu

Nr kombinacji	Rodzaj uszkodzenia	Liczba połówek (powtórzeń)	Waga 1000 ziarn	Odchylenie *	
				w g	w ‰
1	Kłosa normalne bez uszkodzeń (kontrola)	16	43,222	—	—
2	Usunięto kłoski boczne w całym kłosie, przecięto plewkę dolną (met. Bonnett)	12	34,189	— 9,033	20,90
3	Usunięto kłoski boczne w całym kłosie, obcięto plewki wraz z ośmi (met. Tschermaka)	20	19,520	— 23,702	54,83

* Odchylenie obliczono w stosunku do kłosów kontrolnych.

przedwczesne zasychanie kłosów wywołane obcięciem 1/3 do 1/4 plewek wraz z ośmi, wynikające stąd upośledzenie procesów transpiracji i asymilacji, a co za tym idzie, ogólnych zaburzeń w procesach przemiany materii w roślinie. Przedwczesne zasychanie kłosa uniemożliwia normalne wykształcenie się zarodka i endospermy. Te ujemne strony swojej metody zauważył E. Tschermak (1941) i zmodyfikował ją celem zwiększenia procentu płodnych kwiatków w krzyżówkach roślin zbożowych. W tym celu zaleca on kastrować i zapylać kłos jednostronnie, podczas gdy druga nie uszkodzona połowa kłosa zostaje poddana samozapyleniu i ma za zadanie zabezpieczyć przynajmniej częściowo dopływ pokarmów i wody do wykastrowanej połowy kłosa. Obcięcie końców plewek i ości przy równoczesnym usunięciu kłosków bocznych wywiera szczególnie ujemny wpływ u jęczmion wielorzędowych, gdyż prawie z reguły powoduje przedwczesne usychanie kłosów. W związku z tym zaleca E. Tschermak (1921) zaniechanie kastracji później zakwitających kłosków bocznych, co daje lepsze osadzenie ziarna w kłoskach środkowych.

Pierwszym autorem, który zwrócił uwagę na fizjologiczną funkcję ości, był Fittbogen (cyt. wg Sagromskiego), który już w 1871 r. stwierdził, że asymilacja za pośrednictwem kłosa wywiera znaczny wpływ na wykształcenie i wagę ziarna. A. Zoebli i C. Mikosch (1892) zbadali u jęczmion 2- i 4-rzędowych rolę ości jako aparatu transpiracyj-

nego, podkreślając jego szczególną rolę w okresie najsilniejszego rozwoju ziarna. Na ten sam moment zwrócił uwagę L. Perlītius (1903) stwierdzając, że ości jako aparat transpiracyjny funkcjonują najintensywniej od momentu zawiązania się ziarna do czasu osiągnięcia przez nie stadium dojrzałości mleczej. Potwierdził on również wyniki badań Proskowetza (1893) nad wpływem ości na wielkość i wagę ziarna i wykazał, że w kłosach, u których w jednej połowie obcięto ości, nie uszkodzona połowa kłosa miała wagę ziarna niższą niż w kłosach normalnych, natomiast waga 1000 ziarn uszkodzonej części kłosa była wyższa niż w kłosach, w których obcięto ości obustronnie. Wyciągnął on stąd wniosek, że nie uszkodzona połowa kłosa zaopatrywała częściowo drugą połowę kłosa, w wyniku czego sama była upośledzona w rozwoju. Ubytek wagi ziarna w następstwie obcięcia ości stwierdzili również H. Harlan i S. Anthony (1920), a jego wielkość określił Vervelde u jęczmienia jarego na 11%. Tę samą metodę w badaniu roli ości zastosował H. Sagromsky (1954). Stwierdził on przy zastosowaniu stopniowego skracania ości, że im ość jest dłuższa i mocniejsza, tym bardziej wzrasta waga ziarna, przy czym spadek wagi ziarna dotyczy według niego tylko tej połowy kłosa, u której obcięto ości. Wpływ części kłosa, w której pozostawiono ości, na resztę kłosa, w której obcięto ości, jest nieznaczny. Wynikałoby stąd, że modyfikacja wprowadzona przez E. Tschermaka (1941) w jego metodzie kastracji jęczmienia wpływa tylko w bardzo nieznacznym stopniu na wykształcenie i osadzenie ziarna w kastrowanej połowie kłosa. Zaznacza to zresztą sam Tschermak stwierdzając, że ta modyfikacja tylko częściowo niweluje ujemny wpływ obcięcia ości i plewek. Badania Sagromskiego wskazują na to, że poszczególne kłoski w kłosie funkcjonują jako zamknięta całość. Należy zatem przypuszczać, że modyfikacja wprowadzona przez Tschermaka zmniejsza skutki uszkodzenia kłosa jako całości, natomiast nie ma tu miejsca zastępcze zasilanie partii kłosa poddanej kastracji.

Z dotychczasowych badań wynika, że ość wpływa na wykształcenie ziarna nie tylko przez doprowadzenie do kłosa wody i soli mineralnych w wyniku jej funkcji transpiracyjnych, lecz także spełnia rolę organu asymilującego w najszerszym tego słowa znaczeniu. A. Boonstra (1937) szacuje u pszenicy udział wpływu czynności kłosa na wyprodukowanie ziarna na 30% w stosunku do sumarycznego oddziaływania pozostałych asymilujących części rośliny. H. Sagromsky (1954) wykazał na przykładzie mutantu o białej plewce, że wprawdzie ość bierze udział w asymilacji, jednakże jej główna rola polega na regulowaniu stosunków wodnych w kwiatku za pośrednictwem szparek. Wąska forma i pionowe ustawienie ości na szczycie rośliny sprawiają, że ość silnie reaguje na zmiany wilgotności powietrza i w razie suszy reguluje gospodarkę wod-

ną rośliny. Do podobnych wniosków doszedł K. M i c z y ń s k i (1913), który badał wpływ warunków rozwoju na występowanie ości oraz ich funkcję u owsa, stwierdzając, że ości zwiększają transpirację kłosa i przyczyniają się do lepszego i prawdopodobnie szybszego wykształcenia ziarna. Autor (1953), badając funkcję dodatkowych ości na plewach u 2-rzędowego mutantu znalezionej na Podhalu, stwierdził, że dodatkowe dwie ości w każdym kłosku oraz poszerzone plewy wzmagają transpirację i asymilację rośliny i podnoszą plon ziarna o 7,6%, a wagę 1000 ziarn o 8,7%.

Ość wywiera również bezpośredni wpływ na przebieg kwitnienia. Już dawno zaobserwowano, że jęczmiona bezostne częściej kwitną z otwartymi plewkami niż jęczmiona ościste, a zwłaszcza o długiej ości. Ościsty kłos transpiruje w czasie kwitnienia około 4 do 5 razy więcej wody niż kłos, u którego obcięto ości. Możliwe jest zatem, że jeżeli ilość wody pobranej przez roślinę przekracza możliwości transpiracyjne organów kwiatowych, to łuszczyki miodnikowe przejmują część zapasu wody, pęcznią i rozwierają plewki. Może to łatwiej zachodzić u jęczmion bezostnych niż ościstych.

Przy rozważaniu roli ości w związku z różnymi metodami kastracji należy zaznaczyć, że rola ości u poszczególnych odmian jęczmienia kształtuje się różnie, stąd różna będzie ich reakcja na obcięcie ości przy kastracji. H. S c h u l t e (1955) stwierdził, że u form bezostnych (*H. inermis*) amputacja wyrostków ościstych wywołuje nieoczekiwany silny spadek wagi ziarna. Natomiast orkisz po obcięciu ości wykazują mniejszy spadek wagi ziarna niż jęczmiona oplewione. Przyczyną tego może być brak zrośnięcia plewki z ziarnem, w następstwie czego część funkcji ości przejmują plewki transpirujące przy pomocy szparek znajdujących się od strony ziarna po obydwóch stronach wiązek naczyniowych. Natomiast u odmian o ziarnie zrosłym z plewką transpiracja za pośrednictwem plewek jest upośledzona. Należy dalej podkreślić, że specyficzny wpływ ości na wagę ziarna u jęczmienia tłumaczy się tym, że każdy płodny jednokwiatowy kłosek jest ościsty, natomiast u pszenicy w obrębie kłosa tylko dwa kwiatki posiadają ości, skąd fizjologiczna rola ości u tych dwóch rodzajów będzie różna. Niezależnie od tego u pszenicy mogą również wchodzić w rachubę takie czynniki jak duże plewy i nie zrośnięte z ziarnem plewki, które mogą zastąpić brakujące ości w procesach asymilacji i transpiracji. Rola ości u pszenicy będzie się również różnie kształtować w zależności od warunków klimatycznych i ekotypu.

Jak widzimy, ości u jęczmienia uprawnego odgrywają całkiem specyficzną rolę i w dużej mierze będzie ona u tego gatunku decydować o wyborze metody wykonywania krzyżówek generatywnych i jej skuteczności.

WNIOSKI

Spośród omówionych trzech metod wykonywania krzyżówek u jęczmienia metoda pierwsza, polegająca na rozchylaniu plewek, praktycznie prawie nie wchodzi w rachubę. Daje ona bowiem bardzo niski procent udanych zapyleń, co spowodowane jest zasychaniem kwiatków w następstwie bardzo silnego uszkodzenia. Pozostałe dwie metody — metoda Tschermaka i metoda Bonnett mają swoje zalety i wady.

Metoda Tschermaka daje niższy procent udanych zapyleń i gorsze wypełnienie ziarna, a w mniej korzystnych warunkach staje się zawodna. Przyczyną tego jest silne uszkodzenie plewek, obcięcie ości oraz łatwość zasychania znamion po obcięciu końców plewek. Natomiast jest to metoda łatwa i szybka w wykonaniu.

Metoda Bonnett daje lepsze osadzenie i wypełnienie ziarna, jest pozornie trudniejsza w wykonaniu i bardziej skomplikowana, ale równocześnie najbardziej zbliżona do przebiegu procesów zapylania, zachodzących w warunkach naturalnych. Dlatego też daje ona większe prawdopodobieństwo udania się krzyżówek i większą oszczędność nieraz bardzo cennego materiału roślinnego.

Wybór jednej lub drugiej metody określają konkretne warunki pracy. Metoda Tschermaka będzie miała przede wszystkim zastosowanie przy masowym wykonywaniu krzyżówek, zwłaszcza przez mało wprawny personel w warunkach praktycznej hodowli, przy dostatecznej ilości materiału roślinnego, raczej w klimacie wilgotnym i w latach o dostatecznej ilości opadów oraz raczej w krzyżówkach form 2-rzędowych. Metoda Bonnett jako bardziej precyzyjna, bardziej zbliżona do naturalnych warunków, znajdzie zastosowanie w krzyżówkach wykonywanych na małej ilości cennego materiału roślinnego, w trudniejszych krzyżówkach form oddalonych, dalej przy doborze komponentów na podstawie F_1 , w warunkach małej wilgotności i wysokiej temperatury w okresie wykonywania krzyżówek i przede wszystkim w krzyżówkach form wielorzędowych.

STRESZCZENIE WYNIKÓW

Autor omówił na podstawie własnych badań i dostępnej literatury: biologię kwitnienia i zapylania u jęczmienia, różne metody wykonywania krzyżówek oraz wyniki badań nad osadzeniem i wagą ziarna mieszańców przy zastosowaniu różnych metod kastracji. Główną uwagę zwrócił autor na wyniki uzyskiwane przy zastosowaniu otwierania kwiatków dwoma metodami:

1. metodą T s c h e r m a k a, który otwierał kwiatki do kastracji i sztucznego zapylenia przez obcięcie $1/3$ do $1/2$ plewek wraz z ośmi,

2. metodą B o n n e t t, w której stosuje się cięcie na plewce dolnej, a przez uzyskany w ten sposób otwór dokonuje się kastracji i sztucznego zapylenia.

W oparciu o wyniki uzyskane przy wykonywaniu krzyżówek u form dwu- i wielorzędowych autor stwierdził, że metoda B o n n e t t dała w krzyżówkach form dwurzędowych o 41% , a w krzyżówkach form wielorzędowych o 43% lepsze wyniki w osadzeniu ziarna w stosunku do wyników uzyskanych metodą T s c h e r m a k a. Równocześnie daje ona znacznie lepiej wykształcone i wypełnione ziarno, niewiele ustępujące ziarnu z normalnych kłosów rośliny matecznej.

Doświadczenia przeprowadzone nad wpływem na wagę ziarna różnego rodzaju uszkodzeń kwiatków w kłosach poddanych następnie samozapyleniu wykazały również wyższość metody B o n n e t t. Uszkodzenie kwiatków wykonane według metody T s c h e r m a k a u 2-rzędowej odmiany „Skrzeszowicki“ typu *nutans* obniża wagę 1000 ziarn o $45,23\%$ a przy zastosowaniu metody B o n n e t t o $23,37\%$ w stosunku do wagi ziarn z kłosów kontrolnych. U 6-rzędowej odmiany „Granum“ zranienie kwiatków metodą T s c h e r m a k a obniżyło wagę 1000 ziarn o $54,83\%$, a metodą B o n n e t t o $20,90\%$ w stosunku do wagi ziarna z środkowego rzędu kłosów kontrolnych.

Po omówieniu przyczyn wywołujących owe różnice autor dochodzi do wniosku, że metoda T s c h e r m a k a jest wprawdzie prostsza i szybsza w wykonaniu, ale daje niższy procent udanych zapyleń i gorzej wypełnione ziarno. W niekorzystnych warunkach (zwłaszcza u form wielorzędowych) staje się ona często zawodna. Metoda B o n n e t t jest natomiast trudniejsza w wykonaniu, ale jako najbardziej zbliżona do warunków naturalnych zapylenia, daje lepsze osadzenie i wypełnienie ziarna oraz pewniejsze wyniki.

W związku z tym metoda T s c h e r m a k a może znaleźć pełne zastosowanie przy masowym wykonywaniu krzyżówek w warunkach polowych, przy mało wprawnym personelu, przy dostatecznej ilości materiału rośliny matecznej i raczej w krzyżówkach form dwurzędowych. Metoda B o n n e t t jako bardziej precyzyjna i pewniejsza znajdzie zastosowanie w krzyżówkach wykonywanych na cennym materiale roślinnym, w krzyżówkach form oddalonych, przy zastosowaniu doboru komponentów na podstawie F_1 , przy niekorzystnych warunkach temperatury i wilgotności oraz w krzyżówkach form wielorzędowych.

SUMMARY

Basing his knowledge on his own experiments and on the accessible literature, the author discusses the biology of flowering and the pollination of barley, as well as the different methods of crossing. He also gives the results of his research on the setting and the weight of hybrid seeds with the use of various emasculation methods. The author is mainly interested in the results obtained by opening the flowers by two methods:

1. The *Tschermak* method: *Tschermak* opened barley flowers for emasculation and artificial cross-pollination by cutting of the upper one-third to one-half of the tips of the lemmas and paleas.

2. The *Bonnett* method: *Bonnett* opened the barley flowers by slitting the lemmas. The anthers were then removed through the slit and pollinations were carried out.

Crossing two-rowed barley and six-rowed barley, the author has discovered that the results obtained by the *Bonnett* method were 41% better for two-rowed barley and 43% better for six-rowed barley than the results obtained by *Tschermak's* method. At the same time the *Bonnett* method gave much better formed, heavier crossed seeds, almost as good as those from the naturally produced parent-seed.

Some experiments carried out to determine the influence on the weight of the seed of various mutilations of barley flowers prepared in the usual way for emasculation and subjected later to self — pollination also showed the superiority of *Bonnett's* method. When flowers of the two-rowed variety „*Skrzeszowicki*“ nutans type were mutilated in *Tschermak's* method the weight of 1000 seeds was lowered by 45,23% while those mutilated in *Bonnett's* method lost only 23,37% weight as compared with the control spikes. Mutilating the six-rowed variety „*Granum*“ by cutting the lemmas lowered the weight of 1000 seeds by 54,83% and slitting lowered their weight by only 20,90% as compared with the weight of the seed from the middle row of control spikes.

Having discussed the causes which evoke these differences the author comes to the conclusion that although *Tschermak's* method is simpler and takes less time to accomplish, it gives a lower percentage of successful pollinations and more poorly filled seed. In unfavourable conditions (especially with six-rowed varieties) this method often fails. *Bonnett's* method is more difficult, but as it is nearer to the conditions of natural pollination it gives a better set, heavier seeds and more certain results.

Tschermak's method can therefore be successfully used in field conditions for mass pollinations by untrained workers, with a sufficient supply of the parent plant and preferably with two-rowed barley. The Bonnet's method, as more accurate and more certain finds its application on valuable plant material in crossing distant forms, when selecting components based on F_1 , in unfavourable conditions of temperature and humidity, and in crossing six-rowed forms.

The Department of Plant Breeding
School of Agriculture, Kraków

LITERATURA

1. Bonnett O. T., 1938. Seed setting and average seed weight as affected by two methods of opening barley flowers for emasculation, Jour. Am. Soc. Agr. 30 : 501—506.
2. Boonstra A. E. H. R., 1937, Der Einfluss der verschiedenen assimilierenden Teile auf den Samenertrag von Weizen, Ztschr. f. Pflanzenzüchtung, 21 : 115—147.
3. Dołguszyn D. A., 1938, Wnutrisortowe skrieszcziwanije rastienij, Sielchozgez.
4. Drahorad F., 1949, Zur Kastration und künstlichen Befruchtung zweizeiliger Gersten, Die Bodenkultur, 3 (2) : 205-210.
5. Fruwirth C., 1922, Handbuch der landw. Pflanzenzüchtung. Bd. IV. Die Züchtung der vier Hauptgetreidearten und der Zuckerrübe. Berlin, P. Parey.
6. Harlan H. W. and Anthony S. B., 1920, Development of barley kernels in normal and clipped spikes and the limitations of awnless and hooded varieties, Jour. Agr. Res., 19 : 431—472.
7. Isenbeck K. und Hoffmann W., 1942, Gerste — *Hordeum sativum* Jess., Handb. der Pflanzenzüchtung, 2 : 141—143, Berlin, P. Parey.
8. Miczyński K., 1913, Wpływ warunków rozwoju na ościłość owsa. Kosmos, 38 : 1616—1648.
9. Nikitienko G. F., 1952, Nowaja metodika wnutrisortowego skrieszcziwanija jaczmenia. Sel. i Siem. 19 (17) : 36—43.
10. Perlittius L., 1903, Der Einfluss der Entgrannung auf die Wasserverdunstung der Ähren und die Kornqualität, Landw. Jahrb. 32 : 305.
11. Pope M. N., 1944, Some notes on technique in barley breeding, Jour. of Heredity, 35 : 99—111.
12. Sagromsky H., 1954, Zur Bedeutung der Gerstengranne für die Kornentwicklung, Ztschr. f. Pflanzenzüchtung, 33 : 267—284.
13. Sawicki J., 1953, Ciekawa forma jęczmienia uprawnego *Hordeum sativum* Jess., Acta Soc. Bot. Pol., 22 (3) : 605—615.
14. Schulte H., 1955, Untersuchungen zur Genetik und zur physiologischen Funktion der Granne bei der Gerste, Ztschr. f. Pflanzenzüchtung 34 (2) : 157—196.

15. S t e v e n s o n F. J., 1928, Journ. Am. Soc. Agr., 1193—1196. (cyt. wg I s e n b e c k u. H o f f m a n n).
16. T s c h e r m a k E., 1921, Beiträge zur Vervollkommen der Technik der Bastardierungszüchtung der vier Hauptgetreidearten, Ztschr. f. Pflanzenzüchtung, 8 : 1-13.
17. T s c h e r m a k E., 1941, Wie erhält man bei Getreidekreuzungen einen besseren Kornersatz?, Der Züchter 13 : 193—195.
18. Z o e b l A. u. M i k o s c h C., 1892, Die Funktion der Grannen der Gerstenähre, Sitz. Ber. d. k. Akad. d. Wiss., Wien.