



Fnc-2472

STEFAN MALEPSZY

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego — Akademia Rolnicza w Wraszawie

SZTUCZNE NASIONA — PRZEŁOM W NASIENNICTWIE

Produkcja nasienna jest ważnym działem rolnictwa, którego zadaniem jest zapewnienie uzyskiwania materiału siewnego (nasion) o najwyższej jakości. Znaczenie nasiennictwa wynika z wpływu lepszych nasion na wysokość i jakość plonu. Średnio przyjmuje się, że wzrost plonu uzyskiwany w warunkach produkcyjnych dzięki wysiewowi lepszych nasion kształtuje się na poziomie 10—20%. O roli nasiennictwa w gospodarce narodowej świadczy fakt, że plantacje nasienne zajmują każdego roku w Polsce przeciętnie 600 tys. ha z reguły najlepszych gruntów rolnych, zaś obroty nasionami w skali światowej wyniosły w 1985 roku około 60 mld dolarów.

Konieczność reprodukcji każdego roku olbrzymiej ilości nasion zmusza do ponoszenia znacznych nakładów na wiele specjalistycznych zabiegów, takich jak: kwalifikacja polowa plantacji nasiennych, ocena laboratoryjna nasion, kondycjonowanie materiału siewnego, sortowanie, suszenie, zaprawianie, otoczkowanie oraz inne — zwykle dość pracochłonne zabiegi. Wysokiego przygotowania specjalistycznego i dość złożonej technologii wymaga reprodukcja materiału siewnego odmian mieszańcowych, które pozwalają uzyskiwać wyższe i lepsze jakościowo plony.

Utrzymanie sprawnie funkcjonującego systemu produkcji nasiennej wymaga istnienia wyspecjalizowanych jednostek prowadzących ocenę polową i laboratoryjną nasion, rejonizację produkcji i kontrolę jakości materiału siewnego, obrót nasionami oraz sieci instytutów naukowych i instytucji prowadzących badania z zakresu hodowli roślin i nasiennictwa.

W ostatnich latach pojawiły się w zagranicznej prasie fachowej dane świadczące o tym, że dotychczasowy obraz nasiennictwa może ulec dość radykalnym zmianom — przynajmniej w odniesieniu do niektórych gatunków roślin. Przed paru laty zaprezentowano po raz pierwszy niektóre właściwości nasion marchwi [8] oraz selera, lucerny i kalafiora [19] wyprodukowanych w całkowicie sztucznych warunkach w niespotykany do tej pory sposób. Nasiono składa się z dwóch części: centralnej, którą stanowi zarodek otrzymany z komórek somatycznych metodą kultury *in vitro* i otaczającej go kapsułki. Stosowanie tej technologii sprowadza produkcję nasion wyłącznie do sterylnych warunków laboratoryjnych, przypomina-

jących produkcję tabletek. Wytworzenie takich nasion nazywanych sztucznymi (artificial seeds), somatycznymi lub syntetycznymi oznacza, że świat jest bardzo bliski dokonania przełomu w technologii nasiennej, którego konsekwencje gospodarcze i ekonomiczne będą bardzo rozległe.

Celem niniejszego artykułu jest: 1) ukazanie najważniejszych czynników determinujących możliwość realizacji produkcji sztucznych nasion, 2) zwrócenie uwagi na najbardziej bezpośrednio i istotne korzyści wynikające ze stosowania tej technologii, 3) wskazanie na najbardziej istotne zmiany w obrazie nasiennictwa jakie zaszłyby wraz z wprowadzeniem tej nowej technologii do praktyki nasiennej.

Podstawy tworzenia sztucznych nasion

Każda żywa komórka roślinna zawiera całość informacji genetycznej potrzebnej do wzrostu i rozwoju osobniczego. Jeżeli więc zapewnić jej niezbędny zestaw czynników potrzebnych do uruchomienia tejże informacji, wtedy powinien być możliwy rozwój komórki w roślinę. U wielu gatunków roślin, w przeciwieństwie do zwierząt, okazało się, że rozwój taki jest w warunkach sztucznych możliwy przez zastosowanie tzw. metody kultury *in vitro* zaliczanej ostatnio do metod biotechnologicznych. Metoda kultury *in vitro* jest specyficznym rodzajem uprawy charakteryzującym się tym, że odbywa się w pojemnikach szklanych i w warunkach sterylnych. Tak jak w każdym sposobie uprawy, wyróżnia się w niej: 1) grupę czynników odżywczych i stymulatorów związanych z podłożem (pożywką), 2) warunki zewnętrzne (temperatura, oświetlenie, wilgotność etc.) oraz 3) poddawany uprawie obiekt, wraz z całą jego funkcjonalną złożonością i właściwościami fizjologiczno-biochemicznymi.

Jeżeli chodzi o podłoża, to wyróżnia się dwa zasadnicze typy — płynne i stałe (agarowe). Podłoża płynne mają wiele zalet w stosunku do podłoży stałych. Zalety te wynikają przede wszystkim z tego, że w kulturach płynnych można zapewnić wszystkim obiektom jednakowe, ściśle kontrolowane warunki, a liczba uprawianych obiektów przypadająca na jednostkę objętości lub powierzchni jest bardzo wysoka (np. 10^5 — 10^7 komórek w 1 cm^3). W celu uzyskania pożądaných efektów sterylnej uprawy jest niezbędne odpowiednie dobranie czynników należących do każdej z trzech wyżej wymienionych grup.

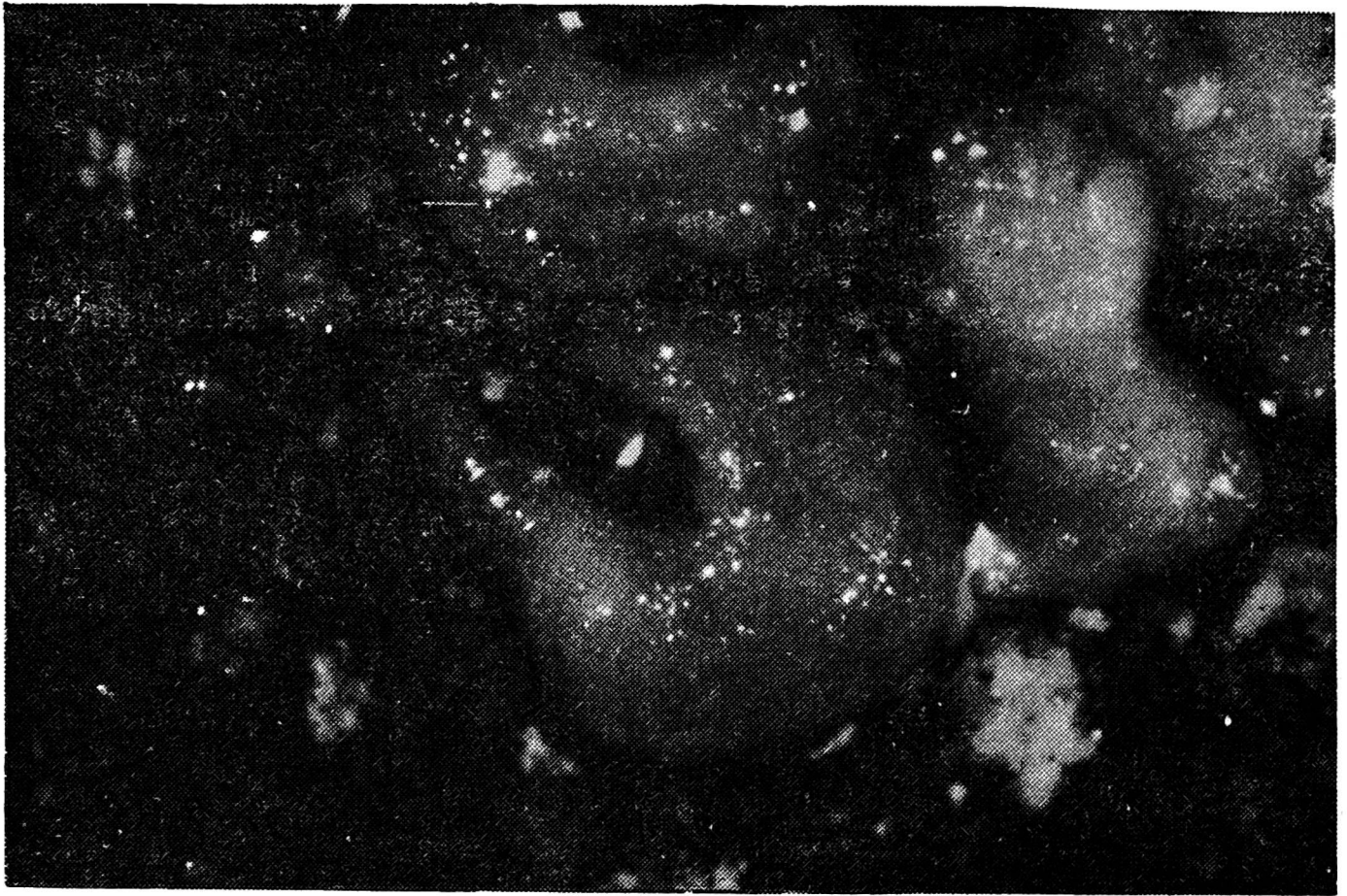
Uprawie *in vitro* można poddawać dowolne rośliny lub ich części, a najbardziej rozpowszechnione są kultury organów (np. pylników, zalążni, zalążków), fragmentów organów (merystemów, kawałków liści, zarodków), tkanek oraz komórek lub protoplastów. Reakcja uprawianych obiektów na zastosowane warunki kultury może być bardzo różnico-

wana. Ze względu na problematykę niniejszego artykułu interesujące są jednak tylko te przypadki, kiedy dysponuje się tak dobranymi warunkami kultury, że uzyskuje się liczne rośliny. W kulturze *in vitro* rośliny można otrzymywać dwoma sposobami: 1) w wyniku wytworzenia merystemów pędu lub 2) przez powstawanie zarodków somatycznych. Te ostatnie powstają w wyniku procesu somatycznej embriogenezy, charakteryzującego się identycznymi lub bardzo podobnymi stadiami rozwojowymi jak w procesie rozwoju zarodka z zapłodnionej komórki jajowej. Proces ten może czasami przebiegać równoległe z tworzeniem się merystemów.

Zarodki somatyczne mogą powstawać w dwojaki sposób: bezpośrednio z komórek tej części rośliny, którą pobrano do kultury, lub przez wytworzenie embriogennej tkanki kalusowej. Drugi sposób występuje wtedy, gdy tworzy się kalus, a najczęściej dwie jego formy — embriogenna i nieembriogenna; obie znacznie różniące się makroskopowo. Tkanka embriogenna może zachować zdolność do wytwarzania zarodków somatycznych przez okres trwający zwykle kilka tygodni lub miesięcy lub bardzo długo np. wiele lat.

Wśród roślin uprawnych istnieje bardzo duże zróżnicowanie zdolności do wytwarzania zarodków somatycznych w ogóle, intensywności przebiegu tego procesu, czasu jego trwania i wielu innych parametrów. Występowanie somatycznej embriogenezy w kulturach kalusowych lub bezpośrednio z eksplantatu na pożywkach stałych stwierdzono dotychczas u wielu gatunków. Natomiast znacznie mniej przypadków embriogenezy somatycznej wykryto w kulturach zawieszinowych na pożywkach płynnych (marchew, ogórki, lucerna siewna i mieszańcowa, kalafior, seler, koniczyna biała). Z kolei rośliny zbożowe tworzą zarodki somatyczne w wyniku kultury na pożywkach stałych, z młodych (10—20 dni po zapyleniu) zarodków powstałych *in vitro* po zapłodnieniu. Podobnie reaguje też soja [11]. Natomiast inne gatunki, głównie dwuliścienne, mogą tworzyć zarodki somatyczne z kalusa powstałego z różnych części roślin np.: kawałki blaszki liściowej [13], ogonki liściowe [1], hypokotyl lub liścienie [14], pylniki [10], wieszadełko [12].

Obiektem modelowym jeżeli chodzi o badania somatycznej embriogenezy jest marchew, gdzie prace te prowadzone są od trzydziestu lat. Dzięki temu nagromadzono taką ilość danych, która umożliwia dość dokładne kierowanie jej przebiegiem. Sterowanie somatyczną embriogenezą u wymienionego gatunku polega głównie na dodawaniu do pożywki bogatej w azot sztucznej auksyny (2,4-D), a następnie usunięciu tego regulatora wzrostu lub bardzo znacznym obniżeniu jego stężenia. 2,4-D jest niezbędny do inicjacji pierwszych stadiów rozwojowych zarodków somatycznych, natomiast hamuje ich dalszy rozwój. U marchwi opra-



Fot. Ogólny schemat produkcji sztucznych nasion

cowano ponadto sposoby umożliwiające dość precyzyjne kierowanie przebiegiem somatycznej embriogenezy, a tym samym zapewniające dość znaczną wydajność kultury (mierzoną liczbą dojrzałych zarodków).

Zarodki somatyczne mogą kiełkować (fot.) i kontynuować rozwój tworząc rośliny (oznaczane symbolem R_1), które po odpowiedniej adaptacji można uprawiać w typowych dla danego gatunku warunkach. Z punktu widzenia rolnika i ogrodnika najważniejsze jest to, czy rośliny R_1 powstałe z zarodków somatycznych są zdolne do wydania takiego samego (ilościowo i jakościowo) plonu, jak rośliny z nasion. Dotychczasowe dane na ten temat są bardzo niepełne, głównie z następujących powodów: 1) nie wszystkie rośliny R_1 są fenotypowo identyczne z roślinami wyjściowymi, 2) rośliny R_1 wymagają adaptacji do warunków uprawy szklarniowej lub polowej i nie zawsze wiadomo jak tą adaptację prowadzić, aby była optymalna, 3) u większości roślin uprawnych od niedawna istnieją odpowiednio wydajne procedury regeneracji. Powstające z zarodków somatycznych rośliny R_1 o fenotypie odmiennym od form wyjściowych można podzielić na dwie grupy: 1) rośliny u których różnice zanikają w dalszych etapach wzrostu i nie są dziedziczne, 2) rośliny u których zmiana fenotypu jest trwała i dziedziczy się. Pierwsza grupa nie stanowi z reguły więcej niż kilka procent i nie ma negatywnego wpływu na plon. Natomiast druga grupa nie jest zwykle liczniejsza niż 10% i zazwyczaj ma

ujemny wpływ na wysokość i jakość plonu. Natomiast od 1 do 60% roślin R_1 [2, 17, 18] może wydawać potomstwo fenotypowo i genotypowo odmienne od roślin wyjściowych. Oznacza to, że część roślin R_1 charakteryzuje się niestabilnością genetyczną i jest heterozygotami w stosunku do różnych genów — głównie recesywnych. Sporadyczne są przypadki, kiedy niestabilności takiej się nie stwierdza. Zmienność genetyczną występującą u roślin powstających przez fazę kalusa nazwano zmiennością somaklonalną [9] i dotyczy ona w zasadzie wszelkich cech.

Większość roślin uprawnych jest zdolna do wytwarzania zarodków somatycznych po zastosowaniu podobnego zestawu czynników kultury jak u marchwi. Istnieją jednak bardzo duże różnice w wydajności somatycznej embriogenezy, tzn. w liczbie zarodków uzyskiwanych z określonej masy tkanki w jednostce czasu. Na przykład u selera, pierwsze dojrzałe zarodki powstają po czterech tygodniach kultury, a z wyjściowej masy ok. 0,5 g tkanki w 20 cm³ pożywki otrzymuje się po 4 tygodniach około 4×10^2 zarodków [1]. Jednak obok stadiów dojrzałych występują wszystkie pośrednie stadia rozwojowe, począwszy od pierwszych podziałów komórkowych prazarodków. Proces tworzenia zarodków w kulturze nie jest więc zsynchronizowany, jednak możliwe jest zastosowanie dość prostych zabiegów dających jednorodne stadia rozwojowe [3, 4]. Zwykle najstarsze zarodki izoluje się stosując filtrowanie kultury przez określoną wielkość sita lub inne bardziej złożone systemy automatycznego odławiania. Obecnie co najmniej u kilku gatunków roślin warzywnych (marchew, kalafior, seler) oraz rzepaku, cytryny, kawy jest możliwa produkcja zarodków somatycznych na dużą skalę. Jak wykazali m.in. Kitto i Janick [8] oraz Redenbaugh i in. [19] zarodki pierwszych trzech gatunków można poddać hartowaniu i umieścić w specjalnie dobranym żelu spełniającym rolę ochronno-odżywczą. Żel ten może zawierać zestaw stymulatorów i inhibitorów oraz substancji odżywczych. Po wysianiu do piasku około 10% takich sztucznych nasion kiełkuje, a cechy siewek nie różnią się od siewek powstałych z nasion naturalnych.

Obecne możliwości produkcji sztucznych nasion

Z podanych uprzednio informacji wynika, że w kulturze *in vitro* z wielu gatunków roślin uprawnych można otrzymywać zarodki somatyczne. Intensywność tworzenia tych zarodków jest bardzo zróżnicowana w zależności od gatunku i u niektórych roślin jest wystarczająco wysoka na to, aby wytwarzać sztuczne nasiona. Jednak po to aby produkcja sztucznych nasion była możliwa na dużą skalę i przynosiła korzyści w postaci wysokich, dobrych jakościowo plonów, musi zostać rozwiązanych

wiele problemów, które można podzielić na trzy grupy: biologiczne, techniczne i organizacyjno-ekonomiczne.

Problemy należące do pierwszej grupy polegają przede wszystkim na: 1) opanowaniu produkcji zarodków somatycznych w jednakowych stadiach rozwoju na dużą skalę, 2) ustaleniu najbardziej właściwego sposobu hartowania i adaptacji zarodków, 3) opracowaniu sposobu umieszczania zarodków w okrywach o takim składzie chemicznym który gwarantowałby optymalny wzrost i rozwój w pierwszym okresie, 4) ustaleniu czy istnieje możliwość wyeliminowania lub przynajmniej znacznego ograniczenia zmienności samoklonalnej w pokoleniu R_1 . Każde z wymienionych zagadnień biologicznych jest bardzo złożone, gdyż oprócz znajomości skomplikowanej problematyki fizjologii i rozwoju nasion oraz zdolności adaptacyjnych znajdują się tutaj problemy regulacji aktywności genetycznej i zmian zachodzących w materiale genetycznym komórek poddawanych kulturze *in vitro*. W każdym z problemów biologicznych jakie zostały tutaj wymienione istnieje obecnie większy lub mniejszy niedobór informacji. Pragnę zwrócić uwagę tylko na niektóre z nich.

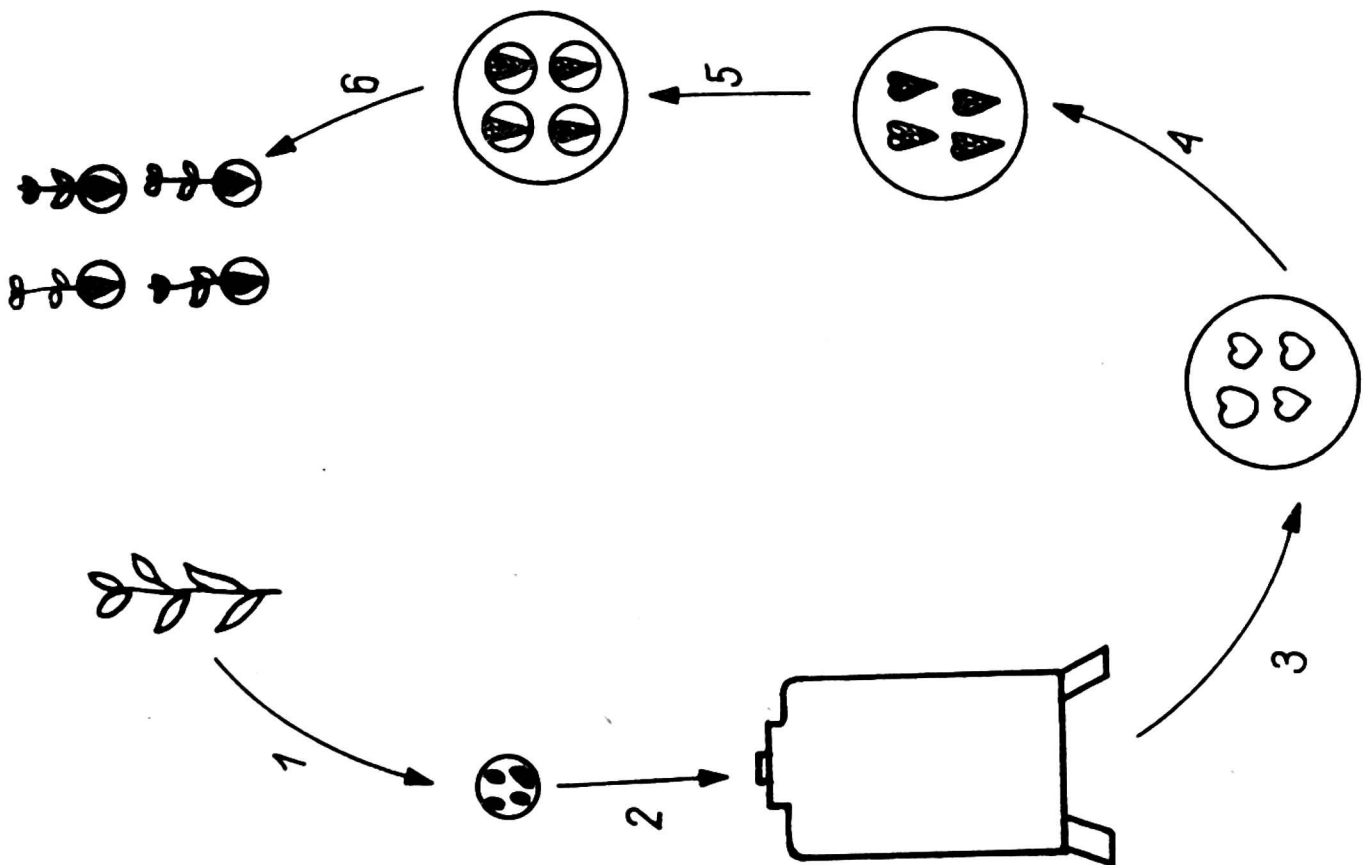
Do tej pory nie wiadomo na przykład czy rośliny z somatycznych zarodków lub sztucznych nasion są zdolne i po spełnieniu jakich warunków do wydawania tak samo wartościowego plonu jak rośliny z nasion naturalnych. Z naszych badań przeprowadzonych nad ogórkami polowymi wiadomo na przykład, że rośliny uzyskane z zarodków somatycznych plonują w warunkach szklarniowych tak jak rośliny z nasion [13, 15] natomiast w uprawie polowej, w mało korzystnym dla ogórka roku 1987, plon był ok. 40% niższy (dane niepublikowane). Wprawdzie powszechnie wiadomo, że wiele gatunków rozmnażanych *in vitro* z merystemów (głównie rośliny ozdobne) nie ustępują wysokością i jakością plonu roślinom uzyskiwanym w tradycyjny sposób i dlatego możnaby przyjąć, że analogicznie powinno być z roślinami powstałymi z zarodków somatycznych. Konsekwencje wynikłe z odwrotnej sytuacji są jednak zbyt wielkie, aby można było powyższą wątpliwość w taki sposób potraktować. Wyjaśnienia wymaga czy i w jaki sposób można wyeliminować lub przynajmniej bardzo znacznie obniżyć liczbę tych zarodków, które dają trwale zmienione rośliny R_1 . Będzie to możliwe chyba dopiero wtedy, gdy zostaną wyjaśnione przyczyny zmienności somaklonalnej. Chociaż należy wspomnieć, że ostatnio pojawiły się doniesienia przedstawiające sposoby uzyskiwania jednolitych fenotypowo roślin R_1 . Zmienność fenotypowa roślin R_2 , czy heterozygotyczność niektórych komórek roślin R_1 nie będzie stanowiła istotnego problemu, ponieważ nasiona tych roślin mają być przeznaczone na konsumpcję, a nie do siewu.

Należy również wyjaśnić przez jak długi czas można pozyskiwać w kulturze zarodki somatyczne, bez obawy obniżenia wartości uzyskiwa-

nych z nich nasion. Wiadomo bowiem, że wraz z upływem czasu kultury wzrasta częstotliwość zmian genetycznych oraz różnych anomalii rozwojowych, które wpływają niekorzystnie na zdolność plonowania i jakość plonu. Rozstrzygnięcia wymaga również problem wpływu wielokrotnej kultury na w/w cechy. Jeżeli bowiem zamierza się w ten sposób rozmnażać bardzo wartościowe segreganty lub wybitne mieszańce F_1 , wtedy najprostsze jest postępowanie polegające na wielokrotnej kulturze. Pewne ograniczenia mogą wynikać również z tego, że odmiany i linie tego samego gatunku wykazują bardzo zróżnicowaną zdolność do tworzenia roślin drogą embiogenezy somatycznej. Obok takich, które tworzą dużą liczbę zarodków somatycznych są i takie, które zdolności tej w ogóle nie mają. Jeżeli więc myśleć o rozmnażaniu przez sztuczne nasiona, to wtedy jeszcze w trakcie hodowli obok selekcji na „cechy użytkowe” należałoby jednocześnie prowadzić selekcję w kierunku zdolności do tworzenia zarodków somatycznych, a z nich dalej roślin.

Zarodki somatyczne powstają bez fazy rozmnażania generatywnego i w związku z tym przy ich tworzeniu nie występują podstawowe mechanizmy genetyczne tj. segregacji, rekombinacji i losowego łączenia się gamet. Nie wiadomo czy brak tych mechanizmów u gatunków rozmnażających się do tej pory wyłącznie generatywnie nie spowoduje ujemnych następstw dla wartości odmiany. Mogą tutaj wystąpić bardzo duże różnice w zależności od gatunku i w związku z tym wymagane będą odrębne badania u poszczególnych roślin uprawnych. Kolejnym bardzo ważnym problemem jest harmonijny rozwój zarodka w sztucznym nasieniu. Wiadomo bowiem jak złożone są zależności pomiędzy warunkami zewnętrznymi (temperatura, wilgotność, skład chemiczny), a kiełkowaniem i dalszym rozwojem siewki. Somatyczny zarodek powinien dobrze rozwijać się w warunkach w jakich znajdzie się po wysianiu do gleby gdyż często decyduje to o wysokości plonu. Warunki te dadzą się przewidzieć zazwyczaj w dość szerokim zakresie i do tego zakresu powinny być dostosowane możliwości adaptacyjne sztucznych nasion. Nie wiadomo czy odpowiedni poziom tych możliwości będzie można u zarodków somatycznych osiągnąć przez zastosowanie określonych warunków kultury podczas tworzenia i hartowania (suszenie, działanie obniżoną temperaturą, stosowanie inhibitorów i in.) oraz właściwy dobór związków chemicznych wchodzących w skład sztucznej otoczki w której zarodek będzie umieszczony. Poważnym problemem jest ustalenie jakich należy dokonać zabiegów aby zarodek znajdujący się w sztucznym nasieniu utrzymywał dużą żywotność do chwili siewu. Obecnie nie są jeszcze znane ani wszystkie czynniki, które należałoby uwzględnić ani ich optimum. Stosunkowo najmniejszą przeszkodą powinno być zapewnienie czynników technicznych, umożliwiających produkcję zarodków na wielką skalę w warunkach ste-

rylnych. Jedynie dopracowania wymagają m.in. takie sprawy jak: określenie optymalnej pojemności fermentorów do kultury, sposoby i intensywność napowietrzania i mieszania kultury, sposób „odławiania” właściwych stadiów rozwojowych zarodków i umieszczania ich w otoczce, czas i proporcje uzupełniania świeżej pożywki oraz wiele detali technicznych umożliwiających sprawną pracę. Schemat produkcji sztucznych nasion przedstawiono na rys. Pierwszym etapem jest wytworzenie kultur embiogennych, tzn. takich z których powstają zarodki somatyczne przez możliwie długi okres czasu. Następnie z tkanki embriogennej uzyskuje się zarodki. Odbywa się to przy pomocy specjalnego urządzenia zwanego fermentorem, który zawiera pożywkę płynną oraz tkankę. Urządzenia te mogą mieć bardzo zróżnicowaną pojemność (od jednego do kilkuset li-



Rys. 1. Kiełkujący zarodek somatyczny ogórka w kulturze zawieszinowej

Schematyczne przedstawienie głównych etapów produkcji sztucznych nasion

- 1 — wytworzenie kultur embiogennych z określonych części rośliny
- 2 — kultura tkanki embriogennej na pożywce płynnej w fermentorach
- 3 — izolowanie zarodków somatycznych w jednakowym stadium rozwoju
- 4 — hartowanie zarodków
- 5 — zatapiając zarodków w specjalnych kapsułkach silikonowych (sztuczne nasiona)
- 6 — wsiew

trów), automatycznie uzupełniają poszczególne składniki pożywki, wymieniają pożywkę na świeżą i sterują wymianą gazową. W zależności od potrzeby charakteryzują się dużą różnorodnością i złożonością budowy. Z fermentora, co pewien określony czas, są pobierane zarodki znajdujące się w wymaganym stadium rozwoju. Zarodki te, po odebraniu z fermentora, poddaje się różnorodnym zabiegom (suszenie, hartowanie) mającym na celu właściwe ich przygotowanie do zamknięcia w otoczkach silikonowych. Odpowiednio przygotowane zarodki poddaje się zabiegowi umieszczenia w otoczce silikonowej po czym mogą być hartowane lub wysiewane.

Skala produkcji zarodków somatycznych mogłaby być dowolnie regulowana przez odpowiednie dobranie tylko dwóch parametrów: wielkości i liczby fermentorów oraz czasu produkcji. Sama produkcja mogłaby najprawdopodobniej przebiegać niezależnie od pory roku przez 12 miesięcy. Zakładając, że wydajność procesu tworzenia zarodków somatycznych byłaby taka sama jak u wspomnianego wyżej selera, tj. 4×10^2 zarodków w stadium torpedy z 20 cm^3 pożywki po 4 tygodniach kultury, wtedy z fermentora o pojemności 100 litrów będzie można uzyskać w ciągu miesiąca około 2×10^7 nasion. Oznacza to, że dla pokrycia rocznego zapotrzebowania na nasiona tego gatunku w naszym kraju, wynoszącego ok. 5 ton należałoby dysponować zestawem około 50 fermentorów, czynnych przez 12 miesięcy. Oczywiście powyższe wyliczenie jest bardzo orientacyjne ponieważ nie uwzględnia szeregu czynników jak chociażby rzeczywistą zdolność (obecną) sztucznych nasion do kiełkowania, różnice odmianowe w wydajności embriogenezy somatycznej i wiele innych.

Kolejnym problemem jest czynnik ekonomiczny tzn. produkcja sztucznych nasion musi być opłacalna. Wydaje się, że osiągnięcie opłacalności tej produkcji nie powinno być sprawą trudną, szczególnie jeżeli wziąć pod uwagę wiele oszczędności jakie wprowadzenie tej technologii powinno przynieść i możliwość prawie całkowitego zautomatyzowania.

Znaczenie produkcji sztucznych nasion dla rolnictwa

Powyżej wskazano na liczne bariery które należy jeszcze pokonać, aby produkcja sztucznych nasion mogła zostać zrealizowana w praktyce. Otrzymane do tej pory sztuczne nasiona kiełkują zaledwie w 10% [19], ale należy oczekiwać tutaj szybkiego postępu. Jeżeli dojdzie do praktycznego zrealizowania produkcji nasion w sposób jaki przedstawiono na rys. 1, a wiele wskazuje że jest to tylko kwestia czasu, wówczas dojdzie do przełomu w tej ważnej gałęzi rolnictwa. Najbardziej istotne elementy tej nowej sytuacji polegałyby głównie na: 1. Spowodowaniu, że produk-

cja nasienna będzie ściśle kontrolowana, wolna od dotychczasowych problemów dotyczących ilości i jakości nasion, 2. Rozwiązaniu dotychczasowych problemów występujących podczas produkcji nasion mieszańców heterozyjnych, 3. Ułatwieniu i uproszczeniu ochrony roślin. 4. Spowodowaniu ostrej monopolizacji nasiennictwa, 5. Znacznym wzroście produkcji roślinnej.

W dotychczasowych technologiach produkcji nasion bardzo duża grupa problemów jest wynikiem nie dającego się przewidzieć przebiegu warunków atmosferycznych. Na to nie mamy wpływu, ale często decydują one o jakości zbieranych nasion, przede wszystkim zdolności i energii kiełkowania, zdrowotności oraz wysokości plonu (klęski urodzaju i nieurodzaju). Wraz z wprowadzeniem sztucznych nasion zależności takiej by nie było a jednocześnie byłby niepotrzebny cały szereg czynności związanych z dosuszaniem i czyszczeniem oraz zaprawianiem nasion. Rozwiązaniu uległyby również problemy wynikające z nasiennictwa odmian heterozyjnych, a szczególnych korzyści należy spodziewać się u tych gatunków, gdzie do tej pory nie udało się wprowadzić mieszańców heterozyjnych, pomimo wykazania dużego efektu heterozji. Usunięte zostałyby również problemy i koszty związane z utrzymywaniem w czystości dużych areałów linii wsobnych służących do wytworzenia mieszańców heterozyjnych oraz zależności od owadów zapylających.

Do produkcji sztucznych nasion mieszańcowych wystarczyłoby kilka do kilkuset roślin, w zależności od zamierzonej skali produkcji i efektywności namnażania *in vitro*. Wytwarzanie tak niewielkiej liczby roślin mieszańcowych jest możliwe nawet przez ręczne kastrowanie i zapylanie. Dzięki temu stałoby się możliwe wprowadzenie do uprawy nawet takich mieszańców heterozyjnych, które nie mogły być do tej pory wprowadzone ze względu na zbyt niski współczynnik rozmnożenia. U odmian ustalonych z kolei nie byłoby potrzeby stosowania poszczególnych stopni od-siewu.

Produkcja sztucznych nasion powinna się również przyczynić do uproszczenia ochrony roślin, przede wszystkim przez wyeliminowanie wszelkich infekcji oraz zanieczyszczeń wynikających z uprawy polowej, przechowywania w magazynach oraz wyeliminowania zaprawiania (w dotychczasowym ujęciu). Środki ochrony stosowane tradycyjnie na nasiona byłyby umieszczane jako składniki otoczki zarodka, co pozwoliłoby na bardziej racjonalne stosowanie tych substancji i lepszą ochronę środowiska. Znacznemu uproszczeniu uległoby również stosowanie szczepionek dla roślin motylkowych, a całkowicie wyeliminowane zostałyby zachwaszczenie pól przez nasiona chwastów przedostających się wraz z materiałem siewnym. Znikłaby również konieczność czyszczenia nasion przeznaczonych do wysiewu.

Kolejnym problemem, który powinien zostać w znacznym stopniu usunięty dzięki sztucznym nasionom jest polepszenie zdrowotności roślin, przede wszystkim rozmnażanych wegetatywnie. Nie jest bowiem wykluczone, że tworzenie somatycznych zarodków przez gatunki tradycyjnie rozmnażane wegetatywnie nakłoni producentów do stosowania sztucznych nasion i w ten prosty sposób poprawi się zdrowotność. Obecnie wiemy, że większość gatunków rozmnażanych wegetatywnie jest zdolna do wytworzenia zarodków somatycznych, a więc sprawa wydaje się aktualna. Również u gatunków rozmnażanych generatywnie, powinno się uzyskać wzrost zdrowotności przez wykluczenie przenoszenia niektórych chorób oraz wyeliminowanie możliwości porażenia podczas przechowywania, transportu etc.

Sztuczne nasiona byłyby bardzo dokładnie kalibrowane i zniknęłaby istniejące obecnie duże zróżnicowanie wielkości wewnątrz- i międzygatunkami, charakterystyczne dla nasion naturalnych. Wielkość somatycznego zarodka nie będzie mieć istotnego wpływu na wielkość nasiona. Usunęłoby to kłopoty występujące przy czyszczeniu i wysiewie, związane ze zróżnicowaniem nasion.

Do tej pory przedstawiono tylko ewentualne korzyści możliwe do osiągnięcia dzięki tworzeniu sztucznych nasion. Jednak poza dodatnimi istnieją również trudne do przewidzenia ujemne skutki stosowania takiej technologii. Wiążą się one przede wszystkim z koniecznością spełnienia bardzo wysokich wymagań technicznych i związanych z tym kosztami. Koszty te wprawdzie trudno obecnie dokładnie określić, ale wydają się one nie do pokrycia dla krajów trzeciego świata [6]. Pewne niebezpieczeństwa ze stosowania technologii sztucznych nasion mogą wynikać z dużej jednolitości odmiany uprawianej ze sztucznych nasion, będzie ona jednym klonem. Wyrównanie takie może prowadzić m.in. do szybkiej specjalizacji chorób i szkodników oraz obniżenia plastyczności odmiany. U wielu gatunków roślin takiego wyrównania na wielką skalę do tej pory nie było (odmiany szeregu roślin uprawnych są często mieszaniną kilku linii wyrównanych co do określonych cech) i dlatego należy ustalić dla tych gatunków jakie byłyby konsekwencje długo- i krótkofalowe tego rodzaju sytuacji. Korzystanie ze sztucznych nasion będzie oznaczało konieczność wymiany materiału siewnego co rok, co znacznie zwiększy obrót nasionami i dodatkowo obciąży transport.

Rozpoczęcie produkcji sztucznych nasion, spowoduje wystąpienie ostrej monopolizacji produkcji nasiennej ze wszystkimi skutkami ekonomiczno-gospodarczymi takiej sytuacji. Należy przy tej okazji przypomnieć, że przed kilku laty wiele dużych korporacji przemysłowych na Zachodzie (przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych) wykupiło akcje firm nasiennych lokując również znaczne kapitały w uruchomienie bio-

technologicznych metod w produkcji rolniczej. Stąd też, z całą pewnością przynajmniej początki tej produkcji będą związane z wysokimi kosztami i bezwzględnym monopolem. Poza dotychczas wymienionymi z pewnością mogą pojawić się zupełnie nowe problemy, których nie można w tej chwili dokładnie przewidzieć. Wprowadzanie każdej nowej technologii usuwa zwykle stare problemy, ale jednocześnie rodzi nowe i bywa, że są one bardziej niebezpieczne i trudne.

Nowa sytuacja jaka powstałaby w rolnictwie przez wprowadzenie sztucznych nasion nie nastąpi szybko, gdyż należy się liczyć ze stopniowym wprowadzaniem tej technologii w zależności od jej opanowania u poszczególnych gatunków oraz warunków ekonomicznych uzasadniających jej wprowadzenie. Niemniej jednak skutki takiej produkcji w dziedzinie gospodarczej i społecznej byłyby niesłychanie ważne i głębokie, szczególnie w zakresie redukcji zapotrzebowania na pracę.

W kontekście niniejszych rozważań należałoby jeszcze spróbować odpowiedzieć na pytanie w jakim czasie należy się spodziewać wprowadzenia do produkcji sztucznych nasion, i u jakich gatunków. Przedstawione w pracy dane wskazują, że najbardziej zaawansowane są prace u marchwi, selera, kalafiora i lucerny. Wydaje się, że pierwsze sztuczne nasiona pojawią się w produkcji w Stanach Zjednoczonych w pierwszym pięcioletnim okresie lat dziewięćdziesiątych i najpierw będą wprowadzane u roślin ogrodniczych, szczególnie warzyw. Najpóźniej należy się spodziewać tych technologii u roślin jednoliściennych zbóż.

Podsumowanie

Wiele gatunków roślin uprawnych charakteryzuje się zdolnością do wytwarzania w kulturze *in vitro* zarodków somatycznych. U niektórych gatunków wydajność tego procesu jest duża co, po pokonaniu wielu istniejących ograniczeń i wyjaśnieniu niektórych zjawisk biologicznych związanych głównie z somatyczną embriogenezą i wartością roślin powstających tą drogą, powinno stworzyć realne szanse na wykorzystanie zarodków somatycznych do produkowania sztucznych nasion. Wytwarzanie sztucznych nasion, zmieniłoby w sposób zasadniczy sytuację rolnictwa, dając cały szereg ogromnych korzyści w porównaniu do nasiennictwa tradycyjnego. Stworzyłoby również zupełnie nową sytuację, przede wszystkim w monopolizowaniu produkcji nasiennej i zatrudnieniu w tym dziale produkcji.

LITERATURA

1. Al-Abta S., Collin H.A.: *Ann. Bot.* 42, 773—783, 1978
2. Evans D.A., Sharp W.R.: *Science* 221, 949—951, 1983.
3. Fujimura T., Komamine A.: *Plant Physiol.* 64, 162—164, 1979.
4. Giuliano G., Rosellini D., Terzi M.: *Plant Cell Reports*, 2, 216—218, 1983
5. Hayashi M., Nakajima T.: *Japan J. Breed*, 34, 409—415, 1984
6. Hobbelink H.: *New Hope or false promise?. Biotechnology and, Third World Agriculture*, ICDA, Brussels, 1987
7. Jordan M.C., Larter E.N.: *J. Genet. Cytolog.* 27, 151—157, 1985
8. Kitto S.L., Janick I.: *I. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110 (2). 277—282, 1985
9. Lorkin, Scowcroft: *Theor. Appl. Genet.* 60; 197—214.
10. Lazarte J.E., Sasser C.C.: *Hortscience* 17 (1), 88, 1982
11. Li B.J., Langride W.H.R., Szalay A.A.: *Plant Cell Reports* 4, 344—347, 1985.
12. Litz R.E., Conner R.A.: *Ann. Bot.* 51; 683—686, 1983
13. Malepszy S., Nadolska-Orczyk A.: *Zeitchr. f. Pflanzphysiol.* 111(3); 273—276, 1983.
14. Moreno U. i in.: *Plant Cell Tissue Organ Culture* 5, 139—146, 1985.
15. Nadolska-Orczyk A., Malepszy S.: *Bull. Pol. Acad. Sc.*, vol. 32, 11—12, 1984.
16. Orton T.I.: *Plant Cell Tissue Organ Culture* 1, 159—169, 1985.
17. Prat D.: *Theor. Appl. Genet.* 64, 223—230, 1983.
18. Ramulu S.K., Dijkhuis P., Roest S.: *Theor. Appl. Genet.* 68, 515—519, 1984.
19. Redenbaugh K. i in.: *(Bio)technology* 4, 197—801, 1986.

Materiały nadesłano do redakcji w październiku 1987 r.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO ROLNICZE I LEŚNE POLECA

ZYGMUNT PIELOWSKI

SARNA

WARSZAWA 1988, NAKŁAD 20 000 EGZ., STRON 202, CENA ZŁ 450,—

Jest to trzecie wydanie publikacji, które po raz pierwszy ukazało się w 1970 r. Obecne wydanie jest zmienione i uzupełnione najnowszymi danymi w zakresie biologii ekologii sarny, ze szczególnym zwróceniem uwagi na wciąż aktualne zagadnienie nie możliwości poprawienia jakości osobniczej tego gatunku, a także poprawienia metod gospodarowania jego pogłowiem. Poszerzono również zakres wiadomości o sarnie polnej, a także zaktualizowano dane o występowaniu, liczebności i pozyskania sarn w Europie i w Polsce. Uaktualniono również obowiązujące w Polsce przepisy, które regulują polowanie sarny.

Całość zagadnienia Autor zamknął w pięciu rozdziałach. W pierwszym, bardzo krótkim rozdziale wprowadza Czytelnika w zagadnienia ogólne — przynależność systematyczną, rozmieszczenie geograficzne, liczebność. Podano obecny liczebny stan sarny w Polsce, który wynosi ok. 500 tys. sztuk.

W drugim rozdziale podano morfologię sarny. Ciekawe dane zebrano w tabeli, z której wynika, że sarnę występującą w Polsce charakteryzuje różna masa ciała i tak w rejonie Zielonej Góry jest ona najmniejsza (14,71 kg), olsztyńskim, gdańskim (ok. 16 kg), lubelskim (ponad 17 kg), warszawskim (18,98 kg). W dalszej części podano ubarwienie, budowę wewnętrzną, uzębienie, przystosowanie budowy ciała do bytowania w zaroślach. Rozdział kończy omówieniem poroża. Liczne rysunki wzbogacają omawiane tematy.

Rozdział trzeci to biologia i ekologia. Omówiono w nim tryb życia, zachowanie, polowanie, poruszanie, odżywianie, rozmnażanie, wychowywanie młodych. Sporo miejsca poświęca Autor przyczynom upadków. Wymienia takie okoliczności jak wrogowie sarny — wilk, ryś, kłusujące psy. Pasożyty zewnętrzne i wewnętrzne. W dalszej części podano rozmieszczenie przestrzenne sarny a pod koniec charakterystykę sarny polnej, jej przystosowanie do bytowania i znaczenie gospodarcze.

W czwartym rozdziale Autor zajmuje się zagadnieniami związanymi z hodowlą. Tu Autor podkreśla rolę poprawy naturalnych warunków bytowania a więc troskę o powierzchnie zgrzyzowe i ogryzowe (krzewy jeżyn, malin, runo leśne), również wzbogacanie roślinności lasu i tworzenie poletek łowieckich. Choć sarny niezbyt chętnie zjadają karmę z paśników, to jednak, zwłaszcza w mroźne i śnieżne zimy należy zatroszczyć się, aby karma dla sarn była dostarczana i to dobrej jakości i o właściwej wartości energetycznej. Autor podaje różne rodzaje karmy oraz sposoby zadawania. W dalszej części tego rozdziału podkreślono rolę człowieka w sensie pozytywnym, jako przyjaciela a jednocześnie uczulono przed człowiekiem (kłusownictwo). Autor podkreśla dużą rolę człowieka w zapobieganiu chorobom, zmniejszaniu strat z tytułu sprzętu mechanicznego stosowanego w rolnictwie.

Ostatni rozdział poświęcono polowaniu. Omówiono zasady polowania a z nim związane dostosowanie zagęszczania do warunków miejscowych, zasady odstrzału a dalej wyposażenie myśliwego. W końcowych podrozdziałach omówiono rodzaje polowań i strzał. Rozdział kończy trofeum. Autor udziela informacji odnośnie preparowania poroża a na ilustracjach pokazano najlepsze parostki zdobyte na świecie i w Polsce. Publikację kończy obszerna literatura. Ta niezwykle ciekawa publikacja napisana bardzo przystępnym językiem, wzbogacona około 100 rysunkami i fotografiami powinna przyczynić się do lepszego poznania tego pięknego zwierzęcia.

Publikacja zalecana jest dla bibliotek wojewódzkich i gminnych.