

Urszula Skomra

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

POSTĘP W TECHNOLOGII PRODUKCJI CHMIELU – NAJWAŻNIEJSZE
ROZWIĄZANIA TECHNICZNE ORAZ OSIĄGNIĘCIA HODOWLI*

Słowa kluczowe: chmiel, mechanizacja produkcji, konstrukcja chmielnika, materiał sadzonkowy, odmiany

Wstęp

Uprawa chmielu należy do jednych z bardziej pracochłonnych gałęzi produkcji roślinnej. W latach 50. XX w., kiedy większość czynności na plantacjach chmielu wykonywano ręcznie, nakłady pracy związane z uprawą tej rośliny szacowano na około 4000 - 4500 roboczogodzin na 1 ha (31). Prace naukowe i wdrożeniowe podjęte w wielu ośrodkach naukowych na świecie, w tym również w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowym Instytucie Badawczym, doprowadziły do wprowadzenia rozwiązań technicznych usprawniających wykonywanie zabiegów uprawowych oraz zbiorów i wstępną obróbkę surowca chmielowego. W wyniku wdrożenia tych innowacji nakłady pracy na prowadzenie plantacji chmielu uległy znacznemu zmniejszeniu. Szacuje się, że obecnie wynoszą one od 600 do 900 roboczogodzin na 1 ha w zależności od wielkości plantacji oraz jej oddalenia od stanowiska zbioru i suszenia szyszek (31).

Mechanizacja była jednym z ważniejszych czynników intensyfikacji produkcji chmielu w Polsce w drugiej połowie XX w. Konsekwencją wprowadzenia urządzeń mechanicznych, które zastąpiły pracę ludzi przy najbardziej pracochłonnych czynnościach było zwiększenie powierzchni plantacji oraz specjalizacja gospodarstw chmielarskich. Równoległe z rozwiązaniami technicznymi wprowadzano do uprawy nowe odmiany przystosowane do nowocześniejszych technologii, charakteryzujące się zarówno wyższym potencjałem plonowania, jak i zawartością metabolitów wtórnych ważnych z punktu widzenia przemysłu piwowarskiego. Obecnie to właśnie postępowanie

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.5 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

biologiczny jest najważniejszym czynnikiem wpływającym na wzrost produktywności chmielu.

Celem pracy jest przedstawienie, w ujęciu historycznym, najważniejszych elementów postępu technicznego w produkcji chmielu oraz osiągnięć hodowli ze szczególnym uwzględnieniem wkładu polskiej nauki w rozwój tego sektora produkcji rolnej.

Mechanizacja produkcji chmielu

Jednym z bardziej pracochłonnych zabiegów wykonywanych corocznie na plantacjach chmielu jest cięcie karp. Zabieg ten wpływa na wzrost i rozwój roślin w dalszej części okresu wegetacyjnego, dlatego powinien być wykonany w odpowiednim terminie agrotechnicznym. Niekorzystne jest zarówno zbyt wczesne, jak i zbyt późne jego przeprowadzenie. Późne cięcie prowadzi do ograniczenia wzrostu części wegetatywnych rośliny, natomiast zbyt wczesne – powoduje wybujałość części wegetatywnych kosztem generatywnych. W obu przypadkach następuje spadek plonu roślin. W tradycyjnej technologii uprawy cięcie karp wykonywano ręcznie przy użyciu noża, co wymagało nakładów pracy w granicach $140 \text{ rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w przypadku większych plantacji powodowało trudności w dotrzymaniu optymalnego terminu agrotechnicznego. W wyniku wieloletnich prac i doświadczeń opracowano w IUNG konstrukcję mechanicznej ścinarki, zaopatrzonej w dwie tarcze obracające się w przeciwnych kierunkach, odcinające górną część karpy wraz z odrostami. Mechanizacja cięcia karp umożliwiła zmniejszenie nakładów pracy do $16 \text{ rbh} \cdot \text{ha}^{-1}$ (31). Dopełnieniem tej technologii było opracowanie i wdrożenie bocznego odorywacza karp chmielu (26). Innowacją tego rozwiązania było mocowanie odorywacza z boku ciągnika, co umożliwiała jednoczesną obserwację pracy narzędzia i kontrolowanie kierunku jazdy. Pozwoliło to na precyzyjniejsze odorywanie rzędów roślin przed cięciem karp, co z kolei wpływało na jakość cięcia przy użyciu ścinarki.

Najbardziej pracochłonnym etapem produkcji surowca chmielowego był zbiór szyszek. Szyszki zrywano ręcznie, bezpośrednio na plantacji. Zebranie chmielu z 1 ha plantacji, przy plonie suchych szyszek $1000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, wymagało zatrudnienia 12-14 osób przez okres około 15 dni (14). Zbiór chmielu powinien być przeprowadzany, gdy rośliny osiągną dojrzałość technologiczną. Jest to taka faza dojrzałości owocostanów, w której ich cechy kształtują się na optymalnym poziomie z punktu widzenia przetwórstwa. W tej fazie szyszki charakteryzują się najkorzystniejszym składem chemicznym, a ich masa osiąga najwyższą wartość. Zarówno zbyt wczesne rozpoczęcie zbioru, jak i jego opóźnienie wpływa niekorzystnie na jakość surowca. Okres dojrzałości technologicznej trwa w zależności od odmiany chmielu od kilku do kilkunastu dni. Dotrzymanie odpowiedniego terminu przy zbiorze ręcznym wymagało zatrudnienia dużej liczby sezonowych pracowników, bowiem jedna osoba mogła zerwać w ciągu dnia od 20 do 40 kg świeżych szyszek (31). Duża pracochłonność zbioru ręcznego

była jednym z ważnych czynników ograniczających wzrost powierzchni chmielników. Szczególnie w rejonach o dużej koncentracji uprawy chmielu występowały trudności w znalezieniu odpowiedniej liczby pracowników do zbioru.

Pierwsze próby mechanicznego zbioru chmielu przeprowadzono w 1905 r. w Kalifornii (USA)(4). W 1934 r. pierwszą stacjonarną maszynę do zbioru chmielu zbudowali konstruktorzy brytyjscy. II wojna światowa zahamowała postęp w tej dziedzinie, ale w okresie powojennym nastąpił dynamiczny rozwój. Jak podaje Brown (1952) w 1949 r. w Anglii pracowały cztery maszyny do zbioru chmielu typu Bruff, w 1950 r. było ich już jednaście, a w 1951 r. – czterdzieści.

W Polsce pierwsze próby maszynowego zbioru szyszek przeprowadzono w końcu lat 50. XX w. z wykorzystaniem maszyn typu Allayes produkcji belgijskiej. Były one przystosowane do potrzeb dużych gospodarstw rolnych, dlatego też w gospodarstwach indywidualnych jeszcze do początku lat 70. XX w. szyszki zrywano ręcznie. Pochłaniało to około 2500 roboczogodzin, tj. od 50 do 80% całkowitych nakładów pracy związanych z prowadzeniem plantacji chmielu (32). W 1969 r. rozpoczęto w Polsce prace nad uruchomieniem produkcji maszyn do zbioru chmielu odpowiadających warunkom indywidualnych gospodarstw chmielarskich. W 1970 r. na podstawie opracowania IUNG wykonano prototyp tzw. maszyny klepiskowej, przeznaczonej do zrywania szyszek z pędów bocznych, które były ręcznie oddzielane od łodyg. Wydajność tej maszyny pozwalała na zerwanie szyszek z 65-100 dwulodygowych roślin w ciągu godziny, co odpowiadało potrzebom gospodarstw posiadających plantacje o powierzchni do 3 ha (33). Zastosowanie tego rozwiązania pozwoliło na zmniejszenie nakładów pracy na zbiór chmielu do około 600 rbh·ha⁻¹. Pozytywne wyniki działania maszyny klepiskowej oraz stosunkowo niska cena spowodowały uruchomienie od 1971 r. produkcji seryjnej. W 1972 r. przygotowano w IUNG nową wersję maszyny dostosowaną do zrywania szyszek z całych roślin, bez konieczności wstępnego oddzielania pędów bocznych, co było wyrazem dalszego postępu i jeszcze bardziej usprawniło zbiór chmielu. Dużą zaletą tej maszyny były bardzo proste rozwiązania konstrukcyjne dostosowane do warunków eksploatacji w gospodarstwach indywidualnych. W latach 70. i 80. ubiegłego wieku wprowadzono do praktyki jeszcze kilka innych typów maszyn do zbioru chmielu, wykorzystujących różne rozwiązania konstrukcyjne, co przyczyniło się do rozpowszechnienia zbioru maszynowego w stosunkowo krótkim czasie (31). W 1976 r., a więc po sześciu latach od wyprodukowania prototypu maszyny klepiskowej, w Polsce zbierano chmiel maszynowo z 45% plantacji (28). W początku lat 80. XX w. prawie cały zbiór chmielu wykonywany był już maszynowo (12).

Obecnie producenci chmielu mają do dyspozycji szeroki asortyment maszyn do zbioru chmielu o różnej wydajności, przeznaczonych zarówno dla małych kilkuhektarowych gospodarstw, jak i ogromnych kilkusethektarowych farm chmielarskich.

Wprowadzenie maszynowego zbioru szyszek spowodowało konieczność zmodernizowania innych czynności technologicznych w uprawie chmielu, tak aby

można było sprawnie przeprowadzić zbiór i w sposób maksymalny wykorzystać wydajność maszyn. Przede wszystkim należało wyeliminować haczyki stalowe, przy pomocy których mocowano przewodniki roślin do siatki nośnej chmielnika. Przy zbiorze chmielu maszynami zrywającymi szyszki z całych roślin, haczyki dostawały się do układu zrywającego maszyny powodując jego uszkodzenie, co znacznie utrudniało pracę. W 1973 r. w IUNG podjęto badania nad różnymi sposobami zawieszania przewodników roślin bez użycia haczyków stalowych. Przetestowano kilka różnych rozwiązań, z których najlepszym okazało się mocowanie przewodników stalowych do drutów liniowych siatki nośnej chmielnika za pośrednictwem łącznika wykonanego ze sznurka polipropylenowego lub też stosowanie przewodników ze sznurka polipropylenowego mocowanych bezpośrednio do drutów liniowych siatki (29). Oba sposoby zawieszania przewodników wymagały użycia specjalistycznego pomostu chmielarskiego umieszczonego na ciągniku, ale ich wdrożenie ograniczało nakłady pracy o około 30% w porównaniu z zawieszaniem haczyków przy użyciu tyczki chmielarskiej z poziomu gruntu. Zespół złożony z traktorzysty oraz dwóch pracowników na pomoście chmielarskim mógł zawiesić dziennie około 9000 przewodników, co odpowiada 2 ha plantacji (30).

Sprawne przeprowadzenie zbioru chmielu przy użyciu stacjonarnych maszyn zrywających wymagało szybkiego pozyskania roślin z plantacji i dostarczenia ich do stanowiska zbioru. Tradycyjna technologia polega na odcięciu chmielin (łodyg owiniętych wokół jednego przewodnika) od karpy, a następnie oderwaniu ich od siatki nośnej chmielnika. Czynności te zazwyczaj wykonuje się ręcznie. Jedna osoba przecina łodygi chmielu wraz z przewodnikiem na wysokości około 70-80 cm. Następnie dwie osoby jadące na przyczepie ciągnika chwytają odcięte końce chmielin i przytrzymują je podczas jazdy, co powoduje oderwanie przewodnika od siatki nośnej. Zerwane rośliny spadają kolejno na przyczepę. Ten sposób pozyskiwania roślin wymaga zaangażowania 4-5 osób i pozwala na pozyskanie około 15 roślin w ciągu 1 minuty (25). Poważnym usprawnieniem tej czynności było opracowanie w IUNG automatycznego zrywacza roślin chmielu obsługiwane jedynie przez traktorzystę. Zrywacz taki automatycznie odcina łodygi chmielu, chwytają je specjalnymi zaciskami, a następnie odrywa od siatki nośnej chmielnika. Rośliny równomiernie spadają na przyczepę współpracującą ze zrywaczem, z której są automatycznie zsuwane po przywiezieniu do stanowiska zbioru. Użycie automatycznego zestawu zrywającego pozwala na pozyskanie w ciągu 1 minuty ponad 50 roślin chmielu (25).

Zwiększenie efektywności zbioru szyszek spowodowane wprowadzeniem maszyn zrywających doprowadziło również do modernizacji procesu suszenia i jego dostosowania do nowych warunków. Zerwane szyszki chmielu w celu zachowania swoich walorów muszą być niezwłocznie wysuszone. Konieczne stało się więc zintensyfikowanie procesu suszenia oraz zwiększenie wydajności suszarń. Początkowo do suszenia chmielu wykorzystywano suszarnie z naturalnym przepływem ogrzanego powietrza w szybie komory suszarniczej. Charakteryzowały

się one małą wydajnością i były przystosowane do suszenia niewielkiej masy chmielu jaką uzyskiwano podczas zbioru ręcznego. Problemy z wysuszeniem dużych ilości chmielu ze zbioru maszynowego zostały rozwiązane poprzez modernizację suszarni polegającą na zastosowaniu wymuszonego przepływu czynnika suszącego (34). W 1982 r. w IUNG opracowano nowoczesny, przeponowy podgrzewacz z wymuszonym przepływem powietrza, który stał się podstawowym wyposażeniem suszarni chmielu (31). Zastosowanie tego rozwiązania zwiększyło wydajność suszarni z około 5 kg świeżego chmielu na 1 m² sita w ciągu godziny do 14 kg chmielu (30).

Większość rozwiązań technicznych w produkcji chmielu w Polsce opracowano w IUNG. Autorami wdrożeń, które najbardziej przyczyniły się do upowszechnienia mechanizacji w tym sektorze produkcji roślinnej byli: T. Zaorski, M. Stasiak oraz Z. Samoń.

Wprowadzenie nowych rozwiązań technicznych zmniejszyło wydatnie nakłady pracy związane z produkcją chmielu (tab. 1.). Wraz z upowszechnieniem mechanizacji następowało stopniowe zwiększanie powierzchni plantacji chmielu w poszczególnych gospodarstwach. W 1971 r. średnia powierzchnia plantacji chmielu w Polsce kształtowała się na poziomie 0,74 ha, w 1980 r. wynosiła już 1,25 ha, a w 1990 r. wzrosła do 1,43 ha (31). Obecnie przeciętna plantacja chmielu w Polsce ma powierzchnię 2,4 ha (dane Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych).

Tabela 1

Nakłady pracy w poszczególnych etapach produkcji chmielu z wykorzystaniem technologii tradycyjnej i innowacji technicznych

| Czynność | Technologia tradycyjna | Innowacja techniczna |
|---------------------------------|---|--|
| Cięcie karp | Ręczne 140 rbh·ha ⁻¹ | Ścinarka mocowana do ciągnika 16 rbh·ha ⁻¹ |
| Zawieszanie przewodników | Haczyki stalowe zawieszane na siatce nośnej chmielnika z poziomu gruntu przy użyciu tyczki 50 rbh·ha ⁻¹ | Mocowanie przy użyciu sznurka polipropylenowego bezpośrednio do siatki z pomostu chmielarskiego 30 rbh·ha ⁻¹ |
| Pozyskiwanie roślin z plantacji | Ręczne odcinanie łodyg, odrywanie przewodnika z rośliną i układanie na przyczepie ciągnika. 240 rbh·ha ⁻¹ | Automatyczny zrywacz roślin obsługiwany przez 1 osobę. 6 rbh·ha ⁻¹ |
| Zbiór szyszek | Ręczny 2000 rbh·ha ⁻¹ | Maszynowy 200 rbh·ha ⁻¹ |

Źródło: opracowanie własne

Konstrukcja nośna chmielnika

Chmiel jest najwyższą rośliną uprawną i jednocześnie gatunkiem pnącym. Z uwagi na to musi być uprawiany na specjalnych konstrukcjach stanowiących podporę dla jego wiotkich pędów. Pierwotnie chmiel prowadzono na tykach o długości około 6 m, które każdego roku wiosną były wbijane w podłoże w pobliżu karpy, a po zbiorze szyszek zabierane z plantacji i przechowywane do następnego sezonu. Na początku XIX w. opracowano sposób prowadzenia chmielu na stałej konstrukcji w formie wysokich szpalerów (31). Kolejnym etapem ewolucji konstrukcji nośnej chmielników było połączenie szpalerów drutami stalowymi na wysokości 6-7 m. Dzięki temu utworzył się rodzaj siatki wzmacniającej całą konstrukcję, a jednocześnie umożliwiającą zamocowanie przewodników roślin wykonanych z drutu lub sznurka. Rozwiązanie takie pozwoliło na zmniejszenie liczby słupów na plantacji przy zachowaniu odpowiedniej wytrzymałości konstrukcji na obciążenia wynikające z masy roślin oraz wpływu warunków atmosferycznych (wiatr, opady). Konstrukcja ta ułatwiała również prowadzenie prac uprawowych w chmielniku z wykorzystaniem narzędzi konnych, a następnie ciągników. W Polsce stałe konstrukcje nośne chmielników upowszechniły się pod koniec XIX w. Powstało wiele różnych odmian tych konstrukcji różniących się wysokością, rozstawą słupów wsporczych i brzeżnych, czy też sposobem ich mocowania, niemniej jednak podstawowa zasada konstrukcyjna, tj. wykorzystanie stalowej siatki nośnej rozpiętej na słupach, pozostała niezmienna. Obecnie najczęściej stosuje się konstrukcje, w których słupy wspierające siatkę nośną są rozmieszczone w odstępach 9×12 m lub 12×12 m i posadzone pionowo, bezpośrednio w podłożu na głębokość około 1 m. Cała konstrukcja jest przytwierdzona do podłoża za pośrednictwem kotwic zamocowanych do słupów brzeżnych plantacji ustawionych pod kątem około 70° (12).

Tradycyjnie do budowy konstrukcji chmielników wykorzystywano słupy drewniane. Prowadzone były próby zastąpienia drewna słupami z żelbetu, ale skończyły się one niepowodzeniem z uwagi na małą elastyczność tego materiału. Słupy betonowe, dużo łatwiej niż słupy drewniane, pękały i łamały się pod wpływem sił działających na konstrukcję chmielnika. Nadal więc głównym budulcem dla konstrukcji nośnych chmielników są słupy z drewna sosnowego, które dla zwiększenia trwałości jest włącznie impregnowane olejem kreozotowym. Trwałość takiego słupa wynosi nawet kilkadziesiąt lat (31). Niestety, kreozot, mimo że doskonale zabezpiecza drewno przed niekorzystnym wpływem warunków środowiskowych, jest produktem toksycznym, rakotwórczym i niebezpiecznym dla środowiska. Poszukiwane są zatem rozwiązania, które umożliwiłyby eliminację słupów drewnianych bez negatywnego wpływu na trwałość i wytrzymałość konstrukcji chmielnika. Alternatywą dla słupów drewnianych może być wykorzystanie słupów kompozytowych wykonanych z włókna szklanego i żywic poliestrowych lub epoksydowych. Słupy takie charakteryzują się odpowiednią sztywnością, ale jednocześnie są elastyczne, co pozwala na przyjęcie obciążeń występujących w chmielniku. Dzięki zastosowaniu odpowiednich żywic

odpornych na promieniowanie UV słupy kompozytowe są trwałe i odporne na czynniki zewnętrzne takie jak deszcz, mróz, środki ochrony roślin, nawozy mineralne i organiczne. Nie uwalniają do środowiska niebezpiecznych substancji, tak jak słupy impregnowane kreozotem i podlegają w 100% recyklingowi. Ich dodatkową zaletą jest mały ciężar, co umożliwia łatwy montaż bez ciężkiego sprzętu.

Badania nad przydatnością słupów kompozytowych do budowy konstrukcji chmielników prowadzone są w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0867/16 pt. „Technologia produkcji chmielu wykorzystująca innowacyjną konstrukcję nośną oraz zintegrowany system optymalizacji nawadniania, nawożenia i ochrony roślin”, który realizowany jest przez firmę Energy Composites Sp. z o.o. oraz Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach i RZD Jastków.

Rozmnażanie chmielu

Chmiel jest gatunkiem wieloletnim rozmnażanym wegetatywnie. Tradycyjnie, materiał rozmnożeniowy stanowią sztopry, czyli fragmenty zmodyfikowanych pędów podziemnych tworzących karpę (35). Sztopry pozyskuje się z roślin chmielu podczas corocznego cięcia karp. Zabieg ten wykonywany jest w okresie spoczynku roślin, najczęściej wiosną przed rozpoczęciem wegetacji lub jesienią po jej zakończeniu. Rośliny chmielu w okresie spoczynku są pozbawione nadziemnych pędów owoconośnych, co niestety utrudnia weryfikację ich zdrowotności, a także tożsamości odmianowej. Stwarza to zagrożenie rozmnożenia roślin porażonych przez patogeny lub należących do innej odmiany. Wraz ze sztoprami, na nowo zakładane plantacje mogą być przenoszone takie patogeny jak: grzyby z rodzajów *Verticillium* i *Fusarium* powodujące choroby uwiądowe chmielu, *Pseudoperonospora humuli* wywołujący mączniaka rzekomego chmielu, a także wirusy i wiroidy (18). Takie plantacje chmielu, już w momencie zakładania, charakteryzują się niską zdrowotnością roślin, co uniemożliwia pełne wykorzystanie ich potencjału produkcyjnego.

Uzyskanie zdrowego materiału sadzonkowego, pozbawionego organizmów szkodliwych nie jest łatwe, zwłaszcza w odniesieniu do wirusów i wiroidów. Te szczególnie niebezpieczne patogeny występują powszechnie w roślinach chmielu (15, 22), a ich eliminacja wymaga zastosowania zaawansowanych metod biotechnologicznych.

Prace nad uwalnianiem roślin chmielu od wirusów rozpoczęto w latach 70. ubiegłego wieku w Anglii. W tym celu stosowano regenerację merystemów połączoną z termoterapią w temperaturze 37°C (1). Metoda ta pozwalała na skuteczną eliminację wszystkich wirusów występujących w roślinach chmielu i była szeroko stosowana w programach produkcji zdrowego materiału szkółkarskiego w Wielkiej Brytanii, Niemczech, Republice Czeskiej oraz USA (2, 8, 13, 27). Niestety regeneracja merystemów połączona z termoterapią nie eliminowała z roślin chmielu innego groźnego patogena, jakim jest wiroid utajony. Co więcej, wysoki poziom porażenia

materiału roślinnego poddawanego termoterapii sugerował, że oddziaływanie wysokiej temperatury mogło stymulować namnażanie tego termofilnego patogena (3, 24). A zatem, celem uwolnienia roślin chmielu od wiroida utajonego należało zrezygnować ze stosowania wysokiej temperatury w procesie termoterapii. Skuteczna metoda eliminacji z roślin wiroida utajonego chmielu została opracowana w latach 90. ubiegłego wieku (11), umożliwiło to produkcję w pełni zdrowego materiału sadzonkowego chmielu.

W Polsce badania mające na celu eliminację wirusów z rodzimych odmian chmielu rozpoczęto w latach 90. (5, 23). Metodę uwalniania roślin chmielu zarówno od patogenów wirusowych, jak i wiroida wdrożono w IUNG-PIB w latach 2004-2006. Prace prowadzono w ramach projektu restrukturyzacji odmianowej. W wyniku realizacji projektu uzyskano ponad 330 tys. całkowicie zdrowych sadzonek czterech odmian: Lubelski, Sybilla, Iunga i Magnum (6). Dalsze prace z tego zakresu kontynuowano w latach 2012-2014 w ramach projektu Optymalhop. Uzyskano zdrowe rośliny kolejnych trzech odmian, tj. Marynka, Magnat i Puławski oraz przekazano producentom chmielu partię ponad 100 tys. sadzonek wolnych od patogenów (19).

Produkcja sadzonek wolnych od patogenów przebiega w dwóch etapach. Pierwszy polega na eliminacji czynników chorobotwórczych z roślin wyjściowych. W tym celu wykorzystuje się metodę regeneracji izolowanych merystemów wierzchołkowych w kulturach *in vitro*. Komórki merystematyczne są totipotencjalne, ponadto są w mniejszym stopniu zasiedlane przez patogeny niż wyspecjalizowane tkanki. Daje to szansę na wyprowadzenie w pełni zdrowych roślin z fragmentów tkanki merystematycznej obejmujących tylko komórki wolne od patogenów. Prawdopodobieństwo uzyskania zdrowych roślin jest tym większe im mniejszy fragment merystemu zostanie użyty do regeneracji. W przypadku chmielu stosuje się eksplantaty o wielkości 0,1-0,2 mm (19). Niestety, nawet przy użyciu tak małych fragmentów merystemu nie ma gwarancji, że wszystkie wyprowadzone z nich rośliny będą wolne od wirusów, a szczególnie od wiroidów, których eliminacja jest znacznie trudniejsza. Konieczne jest zatem sprawdzenie skuteczności uwalniania roślin chmielu od wirusów i wiroidów. W tym celu stosuje się metody diagnostyczne o dużej czułości. Do wykrywania obecności wirusów stosowana jest immunoenzymatyczna metoda DAS-ELISA, natomiast do detekcji wiroida utajonego chmielu metoda molekularna RT-PCR (6, 19). Regeneraty o potwierdzonej zdrowotności stanowią tzw. rośliny mateczne. Są one utrzymywane w warunkach szklarniowych w celu zabezpieczenia przed powtórny porażeniem przez patogeny, a ich zdrowotność jest systematycznie kontrolowana.

Drugi etap produkcji materiału sadzonkowego chmielu wolnego od patogenów polega na wegetatywnym rozmnażaniu zdrowych roślin matecznych przez sadzonki zielne. Sadzonkę stanowi fragment łodygi o długości około 5 cm z jedną parą liści. Ukorzenianie oraz wzrost roślin przebiega w szklarni, w kontrolowanych warunkach temperatury i wilgotności. Cały cykl produkcji do uzyskania dobrze ukorzenionych sadzonek odpowiednich do wysadzenia w polu trwa około 3-4 miesiące (19).

Eliminacja patogenów z roślin chmielu wpływa pozytywnie na zawartość najważniejszych metabolitów wtórnych. Szyszki roślin zdrowych najczęściej charakteryzują się wyższą zawartością kwasów goryczkowych i korzystniejszym składem olejków eterycznych. Zawartość tych związków determinuje jakość surowca pod kątem jego wykorzystania przez przemysł piwowarski, a często również cenę. Wzrost zawartości alfa kwasów na skutek eliminacji patogenów obserwowano w szyszkach prawie wszystkich badanych odmian z wyjątkiem Lubelskiego (największy u odmian Puławski i Magnat, odpowiednio o 21,0% i 18,3%) (tab. 2). Największe pozytywne zmiany w składzie olejków chmielowych obserwowano u odmian Marynka i Magnat (tab.3). Polegały one na wzroście zawartości najbardziej pożądanych składników, nadających piwu przyjemny chmielowo-żywiczny zapach, takich jak: humulen, kariofilen oraz farnezen. Jednocześnie obserwowano obniżenie zawartości myrcenu, którego nadmiar jest niekorzystny ponieważ wpływa na ostry zapach chmielu.

Tabela 2

Zawartość alfa kwasów (% s.m.) w surowcu pochodzącym z plantacji obsadzonych roślinami wolnymi od wirusów i wiroida utajonego chmielu oraz założonych przy użyciu tradycyjnego materiału szkółkarskiego

| Odmiana chmielu | Rośliny zdrowe | Rośliny porażone |
|-----------------|----------------|------------------|
| Lubelski | 2,86 | 3,04 |
| Magnat | 14,29 | 12,08 |
| Puławski | 7,73 | 6,39 |
| Sybillia | 5,10 | 4,95 |
| Marynka | 9,78 | 8,99 |

Źródło: Skomra, 2016 (19)

Tabela 3

Zawartość i skład olejków chmielowych w surowcu pochodzącym z plantacji obsadzonych roślinami wolnymi od wirusów i wiroida utajonego chmielu oraz założonych przy użyciu tradycyjnego materiału szkółkarskiego

| Odmiana chmielu | | Olejki ogółem (ml·100g ⁻¹) | Myrcen (%) | Humulen (%) | Kariofilen (%) | Farnezen (%) |
|-----------------|------------------|---|---------------|----------------|-------------------|-----------------|
| Lubelski | rośliny zdrowe | 1,02 | 45,5 | 23,3 | 5,9 | 17,5 |
| | rośliny porażone | 1,03 | 45,7 | 23,2 | 5,5 | 17,9 |
| Magnat | rośliny zdrowe | 2,0 | 49,3 | 26,1 | 6,4 | 9,2 |
| | rośliny porażone | 2,1 | 55,2 | 22,3 | 5,4 | 9,8 |
| Puławski | rośliny zdrowe | 2,3 | 38,8 | 34,7 | 14,4 | 0,8 |
| | rośliny porażone | 2,2 | 42,1 | 33,3 | 14,5 | 0,2 |
| Sybillia | rośliny zdrowe | 1,7 | 44,9 | 27,2 | 12,9 | 11,1 |
| | rośliny porażone | 1,5 | 39,9 | 27,1 | 10,3 | 8,5 |
| Marynka | rośliny zdrowe | 2,0 | 40,0 | 13,1 | 5,2 | 32,1 |
| | rośliny porażone | 3,4 | 55,8 | 9,5 | 4,2 | 22,9 |

Źródło: Skomra, 2016 (19)

Sadzonki wolne od patogenów są najbardziej zaawansowanym rodzajem materiału szkółkarskiego chmielu. Mogą być bezpiecznie wysadzone w warunki polowe przez cały okres wegetacyjny, gdyż są produkowane w doniczkach. Dzięki dobrze

rozwinętemu systemowi korzeniowemu cechują się również dużą efektywnością przyjęć. Rośliny chmielu wyprowadzone z takich sadzonek osiągają pełny plon już w drugim roku wzrostu w warunkach polowych, tj. o rok wcześniej w porównaniu z tradycyjnym rozmnażaniem przez sztopry. Materiał sadzonkowy chmielu wolny od patogenów cechuje się najwyższym stopniem zdrowotności, a jego stosowanie wpływa na ograniczenie rozprzestrzeniania się organizmów szkodliwych w środowisku rolniczym.

Osiągnięcia hodowli

Pierwsze odmiany chmielu uzyskiwano na drodze selekcji najlepszych roślin z populacji uprawianych w tradycyjnych rejonach produkcji chmielu. Nazwy tych odmian często nawiązywały do rejonu, w którym były uprawiane, np. Żatecki, Tetnanger, Spalter, czy Hallertauer. W Polsce przykładem tego typu odmian chmielu są Lubelski i Nadwiślański, a także odmiana Tomyski wyselekcjonowana z populacji miejscowej w rejonie Nowego Tomyśla (16). Odmiany chmielu wywodzące się z populacji miejscowych należały do typu aromatycznego. Charakteryzowały się szlachetnym chmielowym aromatem i niską zawartością alfa kwasów. Prekursorem hodowli odmian goryczkowych o zwiększonej zawartości alfa kwasów był angielski hodowca Salmon. Wykorzystał on chmiel dziki pochodzący z obszaru Ameryki Pn. jako genetyczne źródło wysokiej zawartości kwasów goryczkowych. W swojej odmianie Brewers Gold uzyskanej na drodze krzyżowania połączył on europejską i amerykańską pulę genową rodzaju *Humulus*. Odmiana Brewers Gold wprowadzona do uprawy w 1919 roku była w późniejszych latach szeroko wykorzystywana w hodowli odmian chmielu typu goryczkowego. Odmiana ta jest również przodkiem pierwszych polskich odmian goryczkowych, tj. Marynki i Oktawii (17).

W hodowli chmielu branych jest pod uwagę szereg kryteriów związanych z morfologią roślin, terminami poszczególnych faz fenologicznych, plennością, składem chemicznym surowca, czy też odpornością na choroby i szkodniki. Znaczenie poszczególnych kryteriów selekcji zmieniało się wraz ze zmianą podstawowych celów hodowli, które z kolei były modyfikowane przez takie czynniki jak postęp technologiczny, czy zagrożenie ze strony szkodników i chorób. Po wprowadzeniu na szeroką skalę maszynowego zbioru szyszek celem hodowców stało się uzyskanie odmian dobrze przystosowanych do tego typu zbioru. Dużego znaczenia nabrały więc kryteria selekcji takie jak równomierność rozmieszczenia i dojrzewania szyszek na roślinie, siła związania szyszki z pędem, czy też jej odporność na rozkruszanie (10). Pojawienie się w Polsce na początku lat siedemdziesiątych wędnięcia infekcyjnego chmielu, zapoczątkowało ocenę materiałów hodowlanych pod względem podatności na porażenie przez czynnik infekcyjny wywołujący tę chorobę, co zaowocowało uzyskaniem odmian mniej podatnych.

Wśród wielu kryteriów selekcji stosowanych w hodowli chmielu, istnieją takie, które są brane pod uwagę zawsze, bez względu na inne uwarunkowania. Należą do nich potencjał plonowania i koncentracja alfa kwasów w szyszkach. Na podstawie tych dwóch wskaźników można ocenić postęp w hodowli odmian chmielu w Polsce po II wojnie światowej, kiedy to w ówczesnym Państwowym Instytucie Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach rozpoczęto prace w tym zakresie (16).

Początkowo wykorzystywano metodę selekcji z populacji chmielu pochodzenia krajowego i populacji czeskiej. Pierwsze prace zaowocowały wprowadzeniem do uprawy w roku 1964 dwóch odmian aromatycznych: Lubelski i Nadwiślański, których autorami byli odpowiednio J. Kludel oraz K. Majewski. Plon wysuszonych szyszek tych odmian kształtował się w granicach $1,0 - 1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast zawartość alfa kwasów w szyszkach od 3,0% do 5,5% (7, 17). O wartości tych odmian, a szczególnie odmiany Lubelski, może świadczyć fakt, że jest ona uprawiana w Polsce do dnia dzisiejszego ze względu na szlachetny aromat. W 1980 r. wprowadzono do uprawy pierwszą polską odmianę chmielu uzyskaną metodą kierunkowego krzyżowania międzyodmianowego o nazwie Estera (autor K. Majewski). Charakteryzowała się ona wyższym potencjałem plonowania i wyższą zawartością alfa kwasów w porównaniu z chmielem Lubelskim. W doświadczeniach odmianowych prowadzonych przez COBORU w latach 1976-1979 Estera uzyskała plon na poziomie $1,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. o 18,8% wyższy niż odmiana Lubelski, natomiast pod względem zawartości alfa kwasów przewyższyła Lubelski o 8,0% (9).

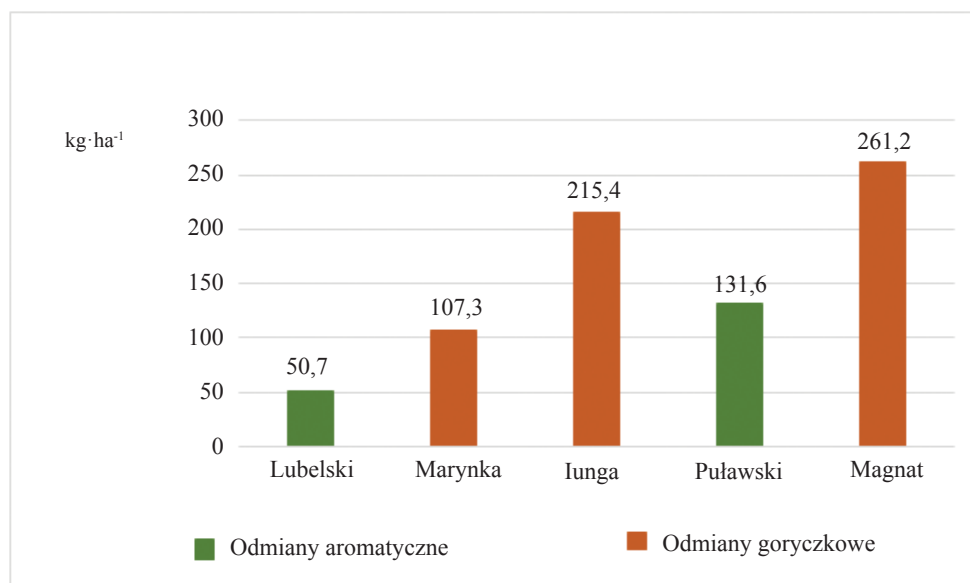
Kolejnym krokiem w hodowli odmian aromatycznych chmielu w Polsce było wykorzystanie środków mutagennych w celu poszerzenia zmienności genetycznej. W 1988 r. M. Milczak i Z. Segit uzyskali w ten sposób odmianę Lomik, która znacząco przewyższała dotychczasowe odmiany aromatyczne zarówno pod względem plonowania, jak i zawartości alfa kwasów. W doświadczeniach odmianowych COBORU w latach 1982-1985 średni plon tej odmiany wynosił $2,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i był o ponad 30% wyższy od plonu odmiany Lubelski (9). Zawartość alfa kwasów na poziomie 6% w owym czasie stawiała Lomika w czołówce odmian aromatycznych na świecie. Dodatkową zaletą tej odmiany była zwiększona odporność na mączniaka rzekomego chmielu oraz na uwiąd infekcyjny. W 1996 r. asortyment polskich odmian aromatycznych chmielu wzbogacił się o Sybillę wyhodowaną przez Z. Frydecką i Z. Wirowskiego i charakteryzującą się zawartością alfa kwasów w granicach 6,5-8,0% i potencjałem plonowania $2,0 - 3,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (17). W kolejnych latach polska hodowla chmielu skupiła się na odmianach goryczkowych. Dopiero w 2016 r. została wprowadzona do uprawy najnowsza polska odmiana aromatyczna, tj. Puławski (autor U. Skomra). Najważniejszą cechą odmiany jest wysoka zawartość olejków eterycznych oraz ich korzystny skład. Dzięki temu odmiana charakteryzuje się intensywnym i harmonijnym aromatem. Odmianę cechuje ponadto wysoka, jak na odmiany aromatyczne, zawartość alfa kwasów w granicach 8-10% oraz potencjał plonowania powyżej $2,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dodatkowe zalety stanowią: bardzo dobra przydatność do naprowadzania na przewodniki oraz do zbioru maszynowego i suszenia (20, 21).

W konsekwencji uprawa tej odmiany może poprawić efektywność ekonomiczną produkcji odmian aromatycznych, która jest zazwyczaj niższa w porównaniu z odmianami goryczkowymi.

Pierwsze polskie odmiany goryczkowe: Izabella i Marynka, zostały wyhodowane przez zespół Z. Myślicka i Z. Frydecka i wprowadzone do uprawy w 1988 r. Odmiana Izabella charakteryzowała się bardzo wysokim plonem szyszek zbliżonym do $3,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz zawartością alfa kwasów w granicach 8-9% (7, 16). Marynkę wyróżniała bardzo dobra przydatność do naprowadzania na przewodniki i zbioru maszynowego. Odmiana ta cechowała się nieco niższym potencjałem plonowania niż Izabella, ale rekompensowała to wyższą koncentracją alfa kwasów na poziomie 10% oraz bardzo dobra jakość aromatu, rzadko spotykana u odmian typu goryczkowego (16). Marynka przez wiele lat była najważniejszą odmianą goryczkową uprawianą w Polsce. W szczytowym momencie popularności, na początku XXI wieku jej areal wynosił blisko 1400 ha, co stanowiło 68% powierzchni uprawy chmielu w Polsce (dane Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych za rok 2006). W 1996 r. została wprowadzona do uprawy odmiana Oktawia – jedna z najwierniej plonujących odmian goryczkowych. Jej autorami byli Z. Wirowski i I. Araźna. W 2004 r. wprowadzono kolejne odmiany goryczkowe, tj. Iunga i Zula, których twórcami byli J. Migdał, Z. Frydecka oraz I. Araźna. Dwie ostatnie odmiany, bardzo zbliżone pod względem potencjału plonowania i zawartości alfa kwasów, stanowiły odpowiedź hodowców na zapotrzebowanie rynku, który potrzebował surowca o zwiększonej przydatności do przetwarzania na ekstrakty chmielowe. Wymagania te najlepiej spełniały odmiany o zawartości alfa kwasów powyżej 12%. W doświadczeniach odmianowych prowadzonych w latach 1998-2000 w RZD Kępa średnia zawartość alfa kwasów w szyszkach odmian Iunga i Zula wynosiła odpowiednio 14,7% oraz 13,3%, a plon kształtował się na poziomie $3,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (16). Najnowsza polska odmiana goryczkowa o nazwie Magnat została wyhodowana przez U. Skomrę i wprowadzona do uprawy w 2016 r. Odmiana ta pod względem najważniejszych cech użytkowych spełnia wymagania stawiane nowoczesnym odmianom chmielu. Charakteryzuje się bardzo dobrą przydatnością do naprowadzania na przewodniki oraz do zbioru maszynowego i suszenia. Odmianę wyróżnia wysoki potencjał plonowania oraz najwyższa zawartość alfa kwasów spośród wszystkich odmian chmielu uprawianych w Polsce. Średni plon szyszek uzyskany w ścisłym doświadczeniu polowym w latach 2010-2012 przewyższał plon odmiany Iunga o blisko 5% (20), natomiast zawartość alfa kwasów była wyższa o 15,5% (21).

Postęp uzyskany w hodowli odmian chmielu w Polsce dobrze ilustrują wyniki ścisłego doświadczenia odmianowego prowadzonego w latach 2010-2012 w RZD Kępa, w którym porównywane były najważniejsze odmiany chmielu wprowadzone do uprawy w różnych okresach na przestrzeni ponad 50 lat. W badaniach uwzględniono dwie odmiany aromatyczne, tj. Lubelski i Puławski, wyhodowane odpowiednio w latach 1964 i 2016 oraz trzy odmiany goryczkowe: Marynka, Iunga i Magnat wprowadzone do uprawy w latach 1988, 2004 i 2016 (rys.1). W doświadczeniu

porównywano plon alfa kwasów uzyskiwany z 1 ha powierzchni uprawy. Wskaźnik ten łączy dwa najważniejsze elementy oceny plenności odmian chmielu, tj. plon szyszek oraz zawartość alfa kwasów. W grupie odmian aromatycznych plon alfa kwasów najnowszej odmiany Puławski wynosił ponad $130 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i był o blisko 160% wyższy w porównaniu z najstarszą polską odmianą aromatyczną jaką jest Lubelski. W grupie odmian goryczkowych najwyższym plonem alfa kwasów charakteryzowała się odmiana Magnat. Był on o ponad 20% wyższy od plonu odmiany Iunga i o 140% wyższy od plonu Marynki - pierwszej polskiej odmiany goryczkowej.



Rys.1 Średni plon alfa kwasów wybranych polskich odmian chmielu w ścisłym doświadczeniu polowym w latach 2010-2012

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Technologia produkcji chmielu na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat uległa rewolucyjnej zmianie od opartej głównie na pracy ludzkiej do wysoce zmechanizowanej. Wdrożenie innowacyjnych rozwiązań technicznych niemal na wszystkich etapach produkcji chmielu przyczyniło się do radykalnego zmniejszenia nakładów pracy, umożliwiło zwiększenie powierzchni uprawy chmielu w poszczególnych gospodarstwach oraz ugruntowało ich specjalizację. Postęp techniczny był najważniejszym czynnikiem intensyfikacji produkcji chmielu w drugiej połowie XX wieku, kiedy to miał miejsce największy transfer innowacji technicznych do praktyki. Równocześnie z postępowaniem technicznym następował proces wdrażania nowych odmian chmielu będących nośnikiem postępu biologicznego, który wyrażał

się zarówno przez przyrost plonów, jak i wzrost ich jakości. Upowszechnianie postępu technicznego i biologicznego w produkcji chmielu jest niewątpliwie jednym z najistotniejszych czynników rozwoju tej branży. Proces ten jest nadal kontynuowany. Aktualnie największym wyzwaniem jest opracowanie innowacyjnych rozwiązań łączących nie tylko wzrost wydajności i jakości, ale również ukierunkowanych na ograniczenie negatywnego oddziaływania produkcji chmielu na środowisko i zdrowie ludzi.

Literatura

1. Adams A.N.: Elimination of viruses from the hop (*Humulus lupulus*) by heat therapy and meristem culture. *J. Hort. Sci.*, 1975, **50**: 151-160.
2. Adams A.N., Darby P., Ebbels D.L.: Production and distribution of virus-tested hops in the U.K. *Proceedings of the International Workshop on Hop Virus Diseases*, Rauischholzhausen (A. Eppler Edt.) *Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft*, 1989: 127-130.
3. Barbara D.J., Morton A., Adams A.N.: Assessment of UK hops for the occurrence of hop latent and hop stunt viroids. *Ann. appl. Biol.*, 1990, **116**: 265-272.
4. Brown J.F.: Hop picking by machine in England and America. *J. Ins. Brew.*, 1952, **58**: 331-336
5. Cajza M., Zielińska L., Lubik M.: Elimination of viruses from the hop and propagation of virus-free plant material in the west Poland. *J. Plant Prot. Res.*, 1996, **37**: 59-66.
6. Doroszevska T., Skomra U., Przybyś M., Czubacka A., Grudzińska-Sterno M.: Uzyskiwanie zdrowych sadzonek chmielu jako element restrukturyzacji odmianowej. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2008, **13**: 97-110.
7. Frydecka Z., Migdal J., Surowiecka A. *Atlas polskich odmian chmielu*. Wyd. IUNG, Puławy, 1999, ss. 30.
8. Krehmeller H. Th., Ehrmaier H., Gmelch F., Hesse H.: Production and propagation of virus-free hops in Bavaria, Federal Republic of Germany. *Proceedings of the International Workshop on Hop Virus Diseases*, Rauischholzhausen (A. Eppler Edt.) *Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft*: 1989(a): 131-134.
9. Lewandowski A.: Kompleksowe badania wartości gospodarczej odmian chmielu w latach 1968-1995. *Wiadomości Odmianoznawcze*, 2003: 77.
10. Mileczak M., Segit Z.: Hodowla nowych ideotypów chmielu dla warunków Polski. *Zesz. Nauk. AR im. H. Kołłątaja w Krakowie*, 1985, **190(14)**: 47-53.
11. Morton A., Barbara D.J., Adams A.N.: The distribution of hop latent viroid within plants of *Humulus lupulus* and attempts to obtain viroid-free plants. *Ann. appl. Biol.*, 1993, **123**: 47-53.
12. *Poradnik plantatora chmielu*. Praca zbiorowa, red. Migdal J., Zaorski T., wyd. IUNG, Puławy, 1996.
13. Probasco G., Winslow S.: The use of shoot-tip culture to eliminate viruses from hop varieties grown in the United States. *MBAA Technical Quarterly*, 1986, **23**: 26-31.
14. Rybaček V. (red.). *Hop production*. Elsevier, 1991.
15. Skomra U.: Występowanie wirusów w roślinach chmielu na Lubelszczyźnie. *Pam. Puł.*, 2001, **126**: 107-124.
16. Skomra U.: Osiągnięcia polskiej hodowli chmielu w latach 1949-2000. *Pam. Puł.*, 2003, **133**: 185-195.
17. Skomra U.: *Polskie odmiany chmielu (Polish Hop Cultivars)*. Wyd. IUNG-PIB, 2010
18. Skomra U.: *Metodyka integrowanej ochrony chmielu*. Wyd. IUNG-PIB, 2015, ss. 91
19. Skomra U.: *Zdrowy materiał sadzonkowy chmielu – sadzenie, pielęgnacja oraz korzyści z jego stosowania*. Wyd. IUNG-PIB, 2016, ss. 26
20. Skomra U., Stasiak M.: Odmiany chmielu Puławski i Magnat. *Cz.I. Charakterystyka botaniczna i cechy użytkowe*. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2013, **7-8**: 12-13 i 18
21. Skomra U., Stasiak M.: Odmiany chmielu Puławski i Magnat. *Cz.II. Skład chemiczny surowca*. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2013, **9**: 8-9

22. Solarska E., Grudzińska M.: The field distribution of Hop latent viroid within Polish hop cultivars. *Acta Hort.*, 2001, **550**: 331-335.
23. Solarska E., Skomra U.: Uszlachetnianie materiału nasiennego chmielu. Uszlachetnianie materiałów nasennych – materiały konferencyjne, Olsztyn – Kortowo, 1994: 301-304.
24. Solarska E., Skomra U., Kitlińska J., Wojciorowski J.: The occurrence of hop latent viroid (HLVd) in hop plants in Poland. *Phytopathol. Pol.*, 1995, **10**: 55-59.
25. Stasiak M., Samoń Z.: Maszynowy zbiór roślin na plantacji chmielu. *Instr. Upow.* 52/95, IUNG, Puławy, 1995: ss.15
26. Stasiak M., Samoń Z.: Stosowanie bocznego odorywacza karp chmielu. *Instr. Wdroż.* 191/97 IUNG, Puławy, 1997: ss. 39.
27. Svoboda P.: Kultivace izolovaných vrcholů chmiele (*Humulus lupulus L.*) *in vitro*. *RostlinnaVyroba*, 1992, **38**: 523-528.
28. Zaorski T.: Organizacja maszynowego zbioru chmielu. *Instr. Wdroż.* 48/77, IUNG, Puławy, 1977: ss. 12.
29. Zaorski T.: Bezchaczykowe zawieszanie przewodników roślin chmielu. *Instr. Wdroż.* 61/78, IUNG, Puławy, 1978: ss. 11.
30. Zaorski T.: Technika w produkcji chmielu w Polsce. *Instr. Upow.* 22/89, IUNG, Puławy, 1989: ss. 23.
31. Zaorski T.: Zarys dziejów chmielarstwa polskiego. Wyd. IUNG, Puławy, 2002: ss. 137.
32. Zaorski T., Opacki R.: Mechanizacja zbioru chmielu. Wyd. IUNG, Puławy, 1972, R(30).
33. Zaorski T., Opacki R., Sajnaga Z.: Mechaniczny zbiór chmielu maszyną klepiskową. *Instr. Wdroż.* 13/74, IUNG, Puławy, 1974: ss. 9.
34. Zaorski T., Opacki R., Sajnaga Z.: Mechanizacja uprawy chmielu, suszenie chmielu w suszarniach komorowych przy wymuszonym przepływie ogrzanego powietrza. *Instr. Wdroż.* **22/75**, IUNG, Puławy, 1974: ss. 8.
35. Zub L.: Produkcja ukorzenionych sadzonek chmielu. *Instr. Wdroż.* 66/78, IUNG, Puławy, 1978: ss. 42.

Adres do korespondencji:

dr Urszula Skomra
Zakład Hodowli i Biotechnologii Roślin
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786 931
e-mail: urszula.skomra@iung.pulawy.pl

