

CZESŁAW TARKOWSKI, LEON ZUB
Wyższa Szkoła Rolnicza — Lublin, IUNG — Puławy

CHMIEL POLIPLOIDALNY I JEGO WARTOŚĆ UŻYTKOWA

Jest rzeczą ogólnie znaną, że zdwojenie liczb chromosomów u roślin uprawnych często podnosi ich wartość użytkową. Wystarczy dla przykładu przytoczyć chociażby poliploidalne odmiany buraków cukrowych. Nic też dziwnego, że wielu hodowców roślin w ostatnich latach zagadnieniu poliploidalności poświęca dużo uwagi, nie szczędząc jednocześnie wysiłku celem otrzymania nowych odmian poliploidalnych.

Odmiany poliploidalne roślin uprawnych, oprócz często korzystniejszego składu chemicznego oraz innych właściwości, odznaczają się przeważnie dużą bujnością, co w uprawie takich roślin, jak lucerna i koniżyna ma duże znaczenie. Wadą ich natomiast jest wyraźnie obniżona płodność w sensie zmniejszenia ilości nasion. Dlatego też wprowadzenie do uprawy odmian poliploidalnych roślin uprawianych na nasiona natrafia w praktyce na duże przeszkody. Zupełnie inaczej ma się sprawa z roślinami rozmnażanymi w praktyce wegetatywnie, do których między innymi należy chmiel.

Roślina ta rozmnażana jest z sadzonek i uprawiana dla otrzymania szyszek i to beznasiennych. Z tego też względu chmiel szczególnie nadaje się do hodowli poliploidalnej. W ostatnich latach w wielu krajach europejskich, a szczególnie w Anglii i Szwecji, rozpoczęto prace, których celem jest otrzymanie poliploidalnych odmian chmielu. W niniejszym artykule chcemy podać niektóre wyniki prowadzonych z tego zakresu badań, zwłaszcza w odniesieniu do właściwości uprawowych i wartości browarnej chmielu poliploidalnego.

Chmiel uprawny (*Humulus lupulus* L.) ma w komórkach somatycznych $2n = 20$ chromosomów. Liczba podstawowa wynosi więc $n = 10$, z czego wynika, że jest on rośliną diploidalną. Na 20 chromosomów jest 16 autosomów i 4 heterochromosomy. Formuła dla roślin męskich $2n = 16 Y_1 Y_2 X_1 X_2$ i roślin żeńskich $2n = 16 X_1 X_1 X_2 X_2$. Osobniki męskie produkują zatem dwojakiego rodzaju gamety z Y i X, są więc heterogametyczne, a rośliny żeńskie wyłącznie z X, z czego wynika, że są homogametyczne.

Podwojenie ilości chromosomów u chmielu odbywa się najczęściej za pomocą kolchicynowania. Technika działania jest bardzo różnorodna

(smarowanie pastą wierzchołków wzrostu, opryskiwanie, pędzlowanie oraz zanuzanie na pewien czas stożków wzrostu do probówki z roztworem kolchicyny). Neve i Farrar (6) stwierdzili, że stężenie 0,75% kolchicyny daje lepsze wyniki niż 0,50%. Badacze ci pędzlowali wierzchołki młodego chmielu przez okres 3 do 4 dni i po pewnym czasie — odginali potraktowane kolchicyną pędy, przysypując je ziemią w celu ukorzenia.

W następnych latach, celem określenia stopnia poliploidalności oraz skuteczności metody kolchicynowania, drogą badań cytologicznych oznaczano w stożkach wzrostu liczby chromosomów. Przeprowadzona analiza wykazała, że karpki chmielowe mają strukturę chimerową, obok pędów tetraploidalnych występują również pędy diploidalne. Co więcej, nawet w obrębie jednego pędu spotykano tkanki diploidalne oraz tetraploidalne. Struktura chimerowa bardzo utrudnia wyizolowanie roślin tetraploidalnych. Nasiona zebrane z takich roślin są diploidalne, triploidalne, względnie tetraploidalne. Wyodrębnienie roślin tetraploidalnych wymaga więc badań cytologicznych.

Badania Neve i Farrara (6) wykazały, że w zasadzie nie ma większej konkurencji w obrębie jednej rośliny pomiędzy tkanką diploidalną i tetraploidalną. Stosunek tych tkanek utrzymywał się mniej więcej na jednakowym poziomie przez okres kilku lat. Jedynie u odmiany Estwell Golding tkanka tetraploidalna została zagłuszona przez silniej rosnącą tkankę diploidalną. Na tej podstawie autorzy ci wysuwają wniosek, że wyodrębnianie tetraploidów powinno się odbywać w miarę możliwości w niedługim czasie po kolchicynowaniu, gdyż mamy wówczas większe szanse otrzymania czystych tetraploidów.

Jakkolwiek rośliny tetraploidalne odznaczają się szeregiem korzystnych właściwości, to jednak nie są one ostatecznym celem hodowli, lecz służą jedynie do produkcji triploidów. Te zaś posiadając wiele dodatknych cech są przez plantatorów chmielu wysoko cenione.

W Anglii na plantacjach chmielu obok osobników żeńskich, których okwiat, czyli tzw. szyszki, są celem uprawy tej rośliny, utrzymuje się również około 2% roślin męskich. Otrzymane w takich warunkach szyszki chmielowe są zaziarnione, co obniża ich wartość browarną w porównaniu do bezzziarnistych. Ponieważ ciężar szyszek zaziarnionych jest większy, zatem utrzymywanie na plantacji osobników męskich podnosi wydajność z ha.

W Polsce, podobnie jak w Czechosłowacji, Niemczech czy Jugosławii, uprawia się wyłącznie żeńskie osobniki, niszcząc (w myśl obowiązujących przepisów) znajdujące się w odległości do 2 km od plantacji osobniki męskie dzikiego chmielu, aby nie dopuścić do zapylenia roślin uprawnych. W pracach hodowlanych, kiedy chodzi o otrzymanie nowej od-

miany, osobniki męskie, a zwłaszcza „szlachetne”, są bardzo przydatne. Takie niezmiernie rzadko spotykane okazy są w hodowli chmielu poszukiwane i wysoko cenione, jednak znalezienie ich nie jest rzeczą łatwą. W Czechosłowacji znany hodowca chmielu prof. Osvald po długoletnim poszukiwaniu znalazł na plantacji roślinę obojnaczą, która obok kwiatów żeńskich miała również kwiaty męskie. Okaz ten wykorzystał on do prac hodowlanych, dając po kilku latach chmielarstwu czeskiemu nowe cenne odmiany.

Można wprowadzić za pomocą silnego nawożenia potasem, uszkodzenia młodych pędów, względnie stosowanie fotoperiodów otrzywać rośliny męskie, ale są to na ogół metody mało skuteczne.

Rośliny triploidalne najłatwiej jest otrzymać za pomocą krzyżówek roślin tetraploidalnych z diploidalnymi. Jeżeli nie mamy diploidalnych szlachetnych osobników męskich, można użyć dzikiego chmielu. W krzyżówkach tego rodzaju rośliny tetraploidalne służą najczęściej jako materiał mateczny. W czasie dojrzewania komórek generatywnych tetraploidów powstają gamety o 20 chromosomach. Po połączeniu się diploidalnej gamety z haploidalną ($n = 10$) powstaje triploidalna zygota. Triploid zatem będzie miał 2 genomy matczyne i jeden ojcowski. Fakt ten wskazuje, że rośliny triploidalne muszą być zbliżone genotypowo i fenotypowo do roślin matczynek. W hodowli chmielu to podobieństwo roślin triploidalnych do osobników matczynek ma duże znaczenie, gdyż pozwala na zachowanie korzystnych właściwości odmiany starej.

Wskazuje to zarazem, że przy produkcji odmian triploidalnych należy korzystać z najbardziej wartościowych a jednocześnie wysoko cenionych przez przemysł piwowarski, znanych odmian chmielu. Z drugiej strony wniesiony przez rośliny męskie genom w mniejszym lub większym stopniu poszerza skalę zmienności i ułatwia otrzymanie biotypów o nowych cechach, jakich nie miała odmiana wyjściowa. W hodowli klonowej trudno jest wyprodukować takie rośliny, które by miały nowe, korzystne cechy, jak np. odporność na choroby grzybkowe, chyba że natrafimy na mutacje pączkowe, które na plantacjach chmielu trafiają się jednak bardzo rzadko. Natomiast za pomocą krzyżowania, i to szczególnie rodów tetraploidalnych z diploidalnymi, możemy wyhodować odmiany o korzystnych właściwościach zarówno pod względem składu chemicznego (żywice miękkie), jak i odporności na choroby grzybkowe.

Cecha odporności na choroby grzybkowe jest u chmielu dominująca, a przez to łatwa do przeniesienia z roślin dzikich (które dość często są odporne na choroby grzybkowe) na chmiel uprawny.

Drugą zaletą roślin triploidalnych chmielu jest to, że tworzą one bardzo mało nasion, które, jak wspominaliśmy, obniżają jakość surowca. Dzieje się to dlatego, że w czasie mejozy powstają u triploidów gamety

o zróżnicowanej ilości chromosomów. W czasie I profazy mejozy chromosomy koniugują ze sobą tworząc 10 biwalentów (par), pozostałe 10 chromosomów nie mając swoich odpowiedników nie koniugują i pozostają jako uniwalenty. W anafazie I podziału przechodzą do biegunów chromosomy z poszczególnych par (biwalentów) i przypadkowo pojedyncze uniwalenty. W ten sposób powstają gamety zarówno o 10 chromosomach, jak i 11, 12, 13 itd. aż do 20.

Nie trudno się domyśleć, że po połączeniu takich gamet powstaną zygoty, które mogą mieć różną ilość chromosomów, poczynając od 20 aż do 40. Oczywiście takie zróżnicowanie ilości chromosomów prowadzi do znacznej obniżki zarodków, a tym samym dużej sterylności i małej żywotności. Tylko zygoty, które mają liczby bliskie 20 chromosomów, lub 40, są na ogół żywotne i wydają normalne rośliny. Czasami trafiają się rośliny aneuploidalne, które odznaczają się dużą żywotnością (4). Osobniki takie przedstawiają u chmielu dużą wartość, gdyż na drodze rozmnożenia wegetatywnego dadzą się utrzymać w hodowli.

Owa duża sterylność chmielu triploidalnego, czyli wytwarzanie normalnych szyszek nie zaziarnionych, jest niewątpliwie zaletą. Wprawdzie badania angielskie wykazały, że w tamtejszych warunkach, tj. przy uprawie roślin triploidalnych żeńskich z męskimi, tworzy się czasami pewien odsetek szyszek zaziarnionych, ale dla naszych warunków nie ma to większego znaczenia. Jak podaje Farrar (4), procent takich szyszek waha się w granicach od 4 do 10.

Należy odróżniać szyszki zaziarnione, czyli posiadające normalnie wykształcone nasiona w postaci dość twardych orzeszków, od szyszek niby zaziarnionych, posiadających tzw. „pecki”, które nie są nasionami i łatwo je odróżnić, gdyż są miękkie i puste.

Wielkość nasion triploidalnych jest mniej więcej taka sama, jak u roślin diploidalnych, jednak są one najczęściej puste. Z nasion triploidalnych, które kiełkują normalnie, można otrzymać siewki. Dark (2) podaje, że triploidy dawały rośliny żeńskie oraz „niezupełnie męskie”, czyli takie, które miały niewielki procent szyszek.

Z chmielu triploidalnego możemy wybrać takie osobniki, które będą wykazywały jak najwięcej cech chmielu szlachetnego, a jednocześnie zawierać chromosomy płci roślin ojcowskich, wziętych ze stanu dzikiego. Teoretycznie otrzymanie takich osobników jest możliwe. Opiera się ono na założeniu, iż w czasie mejozy chromosomy rozchodzą się do biegunów na drodze przypadku. Jeżeli do gamet przejdą w czasie podziałów mejozycznych chromosomy chmielu szlachetnego wraz z chromosomami determinującymi płć męską, a następnie takie gamety połączą się w zygotę, to wówczas mogą powstać męskie osobniki szlachetne .

Wracając jeszcze do zalet chmielu triploidalnego, trzeba podkreślić właściwość szybkiego zamykania szyszek po ich uformowaniu, co chroni je od zakażenia chorobami grzybkowymi, a szczególnie mączniakiem rzekomym (*Pseudoperonospora humuli*) i prawdziwym (*Sphaerotheca humuli*). Szyszki są mniej łamliwe i odporne na kruszenie, co przy zbiorze maszynowym oraz pakowaniu chmielu w worki ma duże znaczenie z uwagi na mniejsze straty cennej dla browarnictwa lupuliny. Ponadto wielką zaletą triploidów jest ich duża żywotność i bujność, co przy rozmnażaniu chmielu pozwala na uzyskanie znacznej ilości sadzonek dobrze ukorzenionych. Na plantacjach owocujących bujny i szybki wzrost chmielu triploidalnego po wybiciu pędów na powierzchnię gleby pozwala na uniknięcie strat spowodowanych na skutek żerowania pleszki chmielowej (*Psylliodes attenuata*).

Zagadnienie dużej żywotności triploidów jest również interesujące z punktu widzenia teoretycznego. Jak wiemy, endosperma roślin jest tkanką triploidalną i w wielu wypadkach bardzo żywotną. Należy przypuszczać, że układ triploidalny chromosomów jest bardzo korzystny dla podziałów mitotycznych, a jednocześnie sprzyjający dla bujnego wzrostu części wegetatywnych. Natura tego zjawiska ma prawdopodobnie charakter fizjologiczny.

Reasumując należy podkreślić trzy najważniejsze zalety chmielu triploidalnego, a mianowicie: duże podobieństwo do wyjściowej rośliny maczycznej, wytwarzanie szyszek niemal zupełnie beznasiennych oraz duża żywotność i bujność.

Mając na uwadze powyższe zalety, rozpoczęliśmy w ubiegłym roku prace zmierzające do otrzymania chmielu tetraploidalnego, celem skrzyżowania go z chmielem diploidalnym. Rośliny traktowaliśmy 1% roztworem kolchicyny, zanurzając w próbkach na trzy godziny wierzchołki głównych pędów. Rośliny zareagowały na kolchicynowanie raptownym zahamowaniem wzrostu pędu głównego. Zaobserwowano natomiast bardzo intensywny wzrost bocznych pędów znajdujących się poniżej miejsca kolchicynowanego. Przycinanie, względnie uszkodzenie pędów bocznych celem zmuszenia rośliny do wzrostu do góry nie dało wyraźnych wyników. Po upływie 15 do 20 dni pewien odsetek roślin zaczął wykazywać wyraźniejsze przyrosty na głównym pędzie. Na skutek specjalnej pielęgnacji rośliny te zdążyły zakwitnąć.

Celem otrzymania nasion zostały one zapylone pyłkiem pobranym ze szlachetnego osobnika męskiego. Część bocznych pędów wyrosłych powyżej miejsca kolchicynowania użyto jako sadzonek do rozmnożenia w wazonach. W okresie zimowym wyłuskano z szyszek dojrzałe nasiona, które wiosną użyte zostaną do produkcji siewek.

LITERATURA

1. Dark S. O. S.: 1949. The cytology of the Hop Department of Hop Research. Annual Report. Wye College. London.
2. Dark S. O. S.: 1952. The use of polyploidy in hop breeding. Department of Hop Research. Wye College. London.
3. Darlington C. D., Wylie A. P.: 1955. Chromosome atlas of flowering plants. London.
4. Farrar R. F.: 1955. An Investigation into the seed content of triploid hops. Reprinted from Wye College Department of Hop, Research Annual Report. London.
5. Jacobsen P.: 1957. The sex chromosomes in *Humulus*. Hereditas, B. 43. 2.
6. Neve R. A., Farrar R. F.: 1954. Progres in polyploid hop breeding. Reprinted from the Wye College Department of Hop Research Annual Report. London.
7. Neve R. A.: Polyploidy in hops. Plant Breeder. Department of Hop Research. Wye College. London.
8. Neve R. A.: 1955. The place of polyploidy in hop breeding methods. Reprinted from Wye College Department of Hop Research. Annual Report. London.