

7. STRESZCZENIE

Pszenżyto heksaploidalne (\times *Triticosecale* Wittmack) jest znaczącym zbożem uprawianym obecnie na całym świecie. Mrozoodporność pszenżyta ozimego jest główną cechą, determinującą zimotrwałość i jednocześnie przydatność rolniczą tego zboża. Mechanizm aklimacji do ujemnych temperatur jest genetycznie zaprogramowany i obejmuje dużą liczbę genów, które są indukowane i regulowane przez niską temperaturę. Rejony genomu, które zawierają geny związane z określoną cechą ilościową taką jak np. mrozoodporność, określane są jako *loci* cech ilościowych (ang. Quantitative Trait *Loci*, QTL). Identyfikowanie tych rejonów stało się możliwe dzięki mapom genetycznym, których konstrukcja opiera się o markery molekularne.

Głównym celem badań była lokalizacja rejonów genomu (QTL) pszenżyta (\times *Triticosecale* Wittmack) związanych z mrozoodpornością oraz wytypowanie potencjalnych markerów odporności na ujemne temperatury. Ponadto poszukiwano związku przeżywalności roślin z wybranymi cechami fizjologicznymi przemrożonych roślin tj. zdolnością do zachowania integralności membran komórkowych i fotochemiczną aktywnością fotosystemu II.

Ocenę mrozoodporności 92 linii populacji DH Hewo \times Magnat przeprowadzono metodą polowo-laboratoryjną. Doświadczenia wykonano w dwóch seriach badawczych w każdym z sezonów zimowych 2011/2012 i 2012/2013. Przy wykorzystaniu mapy genetycznej, zawierającej 721 markerów DArT i SSR, przeprowadzono analizę QTL metodą regresji liniowej (SMA) i złożonego mapowania interwałowego (CIM).

W wyniku przeprowadzonych badań zidentyfikowano w trzech niezależnych eksperymentach 6 rejonów genomu (QTL) związanych z przeżywalnością roślin, położonych na chromosomach: 4A, 7A, 1B, 2B, 7B, 4R. Trzy QTL na chromosomie 4R i dwa QTL na chromosomie 5R ujawnione zostały w jednym lub w dwóch seriach. Na chromosomach 4A i 4R, 5R, QTL przeżywalności roślin zajmowały to samo położenie, które zmapowano dla parametrów określających fotochemiczną aktywność fotosystemu II i integralności membran komórkowych po przemrożeniu. Zarówno współczynniki korelacji uzyskane w badaniach fizjologicznych jak i wyniki analizy QTL wskazują, że efektywne funkcjonowanie łańcucha transportu elektronów podczas fazy jasnej fotosyntezy jest istotne dla przetrwania temperatur ujemnych. Natomiast stabilność

plazmolemy komórek liści nie miała bezpośredniego związku z przeżywalnością roślin. Ponadto identyfikacja specyficznych QTL dla poszczególnych cech i warunków środowiskowych, sugeruje, że aklimacja do ujemnych temperatur jest procesem złożonym. Potrzebne są dalsze badania w celu wyjaśnienia roli dodatkowych fizjologicznych i genetycznych mechanizmów zaangażowanych w mrozoodporność.

W pracy obserwowano też zjawisko transgresji cechy mrozoodporności, wskazujące na istnienie w roślinach odmian Hewo i Magnat puli cennych genów, które mogą być przydatne do ulepszenia mrozoodporności pszenżyta.

8. ABSTRACT

Hexaploid triticale (*×Triticosecale* Wittmack) is an important cereal cultivated around the world. Freezing tolerance of winter triticale is the major trait that contribute to triticale winter hardiness and determine the agronomic suitability of the crop. Acclimation mechanisms necessary to survive winter are genetically programmed and involve a great number of genes, which are induced and regulated by low temperature. Chromosomal regions, which contain genes involved in the regulation of the quantitative traits like e.g. freezing tolerance, are named the quantitative trait *loci* (QTL). Their identification is possible using the genetic maps with molecular markers.

Identification of quantitative trait *loci* and molecular markers associated with the freezing tolerance of winter hexaploid triticale was the aim of this study. Additionally, a relation of plant survival to the cell membranes stability after freezing as expressed as an electrolyte leakage, and to the postfreezing photochemical efficiency of photosystem II determined by parameters of chlorophyll *a* fluorescence, were investigated.

A population of 92 doubled haploid lines derived by androgenesis from the 'Hewo' × 'Magnat' F₁ hybrid were subjected to freezing tolerance tests during the winter seasons 2011/2012 and 2012/2013, two times in each of them. The genetic linkage map consisted of 721 DArT and SSR markers was used for QTL determination. QTLs and markers for evaluated traits were identified by the single-marker analysis (SMA) and composite interval mapping (CIM) using Windows QTLCartographer version 2.5 software.

Six QTLs associated with the plant survival in three independent replicates were mapped on chromosome: 4A, 7A, 1B, 2B, 7B, and 4R. Three QTLs on 4R, and two on 5R appeared in one or two series, exclusively. QTLs of plant survival on chromosomes 4A, 4R and 5R were colocalized with QTLs of photochemical efficiency of photosystem II and QTL of cell membranes stability after freezing. Both, the correlation coefficient between phenotypic data and the results of the QTL analysis revealed that the functioning of the photosynthetic electron transport chain after freezing, but not the membranes stability of leaf cells are related to plant survival. Additionally, identification of the specific QTLs for particular traits and environmental conditions suggested that the freezing tolerance is a complex process. Further research is needed to

clarify physiological background of the additional traits involved in the cold resistance. Transgressive segregation in 'Hewo' × 'Magnat' DH population indicated that parental cultivars have a pool of the valuable genes, which can be useful for breeders and can enhance freezing tolerance/frost resistance of future triticales cultivars.