

and trees of young culture (55 years old) were studied. **Methods.** The contents of protein (PR) and some groups of second metabolites in leaves were determined. The main species of herbivores were *Altica quercetorum* and *Erannis defoliaria*. **Results.** The contents of PR and condensed tannins (CT) in leaves of centuries trees were more higher. Correlations between PR content and hydrolysable tannins (HT) in all cases of determinations were negative. According these correlations all trees of each forest stand were divided on three biochemical phenotypes. **Conclusions.** Each biochemical phenotype of tree was optimal as host-tree for different herbivore species. Correlation PR–HT was much higher for many-centuries trees. Young culture characterized with low level of this correlation. It is possible to speculate that trees with some deviation in these correlations can be more ease eliminated from forest trees stand during nature selection.  
*Key words:* *Quercus robur*, biochemical phenotypes, herbivores.

**УДК 631.528. 2.23.582.28**

**ЭЙГЕС Н.С., ВОЛЧЕНКО Г.А., ВОЛЧЕНКО С.Г.**

*ФГБУН Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля,*

*Россия, 119334, г. Москва, Косыгина, 4, e-mail: volchenkos@mail.ru*

### **ТОЛЕРАНТНОСТЬ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ ФИТОПАТОГЕНУ, ПОЛУЧЕННАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНЕЗА У ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

Получить устойчивость к сапрофитным фитопатогенам, коими в наших исследованиях являются снежная плесень, тифулез (низкотемпературные фитопатогены) и к корневым гнилям трудно, применяя только традиционные методы селекции труднее, чем получить устойчивость к облигатным фитопатогенам [1]. Например, в России нет сортов озимой пшеницы, устойчивых к снежной плесени. При наличии провокационных условий, данное заболевание, как правило, проявляется. Это наблюдается в значительной части регионов России. Особенно благоприятными для развития снежной плесени условиями служат тяжелые глинистые почвы в Центральном регионе России и условия, связанные с выпадением снега на теплую мокрую землю осенью, что особенно губительно. В средней полосе России чаще развивается фузариозная снежная плесень. При массовом, сильном поражении – до 100% – это заболевание может унести значительную часть урожая, вплоть до его уничтожения. Например, в прошлом веке в США в год эпифитотии снежной плесени и широкого распространения этого сапрофита погибли почти все посевы озимой пшеницы в фермерских хозяйствах. Массовое распространение снежной плесени продолжалось в разные годы. Это побудило специалистов селекционным путём попытаться получить линии, устойчивые к этому патогену. В виде доноров были привлечены дикие сородичи пшеницы. В результате многочисленных скрещиваний и получения многих

линий в потомстве этих скрещиваний было выделено всего 2 устойчивые линии. Они явились источником устойчивых сортов и проблема устойчивости к снежной плесени была в Америке решена.

#### **Материалы и методы**

На толерантность и устойчивость к фузариозной снежной плесени испытывался ряд сортов и перспективных образцов озимой пшеницы, полученных с использованием метода химического мутагенеза И.А. Рапопорта. Исследования проводили только на естественных провокационных инфекционных фонах как в модельных экспериментах, так и в условиях хозяйств разных районов Московской области. В ряде случаев фон был комплексным и состоял из разных неблагоприятных факторов внешней среды.

#### **Результаты и обсуждения**

В России пока нет устойчивых сортов. Однако были получены линии, поражение которых не бывает столь велико и составляет в среднем в разные годы 30–40%. Такие линии отрастают, восстанавливаются и не теряют в урожае. Данные линии были получены в наших исследованиях при использовании метода химического мутагенеза. Они дали в последующих поколениях сорта менее восприимчивые в условиях эпифитотий к снежной плесени в сравнении с другими сортами, созданными при использовании только традиционных методов селекции, вне метода химического мутагенеза. Это, к примеру, хемомутантные сорта: Сибирская нива (включен

в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Западно-Сибирскому региону), сорт Булава (включен в Госреестр по Восточному Казахстану). Последний представляет собой константный гибрид, полученный путём скрещивания хемомутанта с сортом Кавказ и некоторые другие сорта, а также хемомутантные образцы, полученные от скрещивания лучших хемомутантов с сортами, в том числе немутантного происхождения. Однако в настоящем исследовании были выделены образцы, сильно поражающиеся данным фитопатогеном – до 100%, в особенности в годы эпифитотий [1], но не теряющие в урожае. К данной группе относятся сорта: Имени Рапопорта (включён в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Центральному региону), Солнечная (проходит Госсортоиспытание), Беседа, Белая (два последние сорта прошли Госсортоиспытания, но в Госреестр не включены). Все эти сорта представляют собой константные гибриды, полученные от скрещивания селекционно ценных мутантов с сортом Мироновская 808. Лучшие константные линии, полученные от этих скрещиваний, явились впоследствии родоначальниками названных сортов. К этой же группе относится ряд хемомутантных образцов, не теряющих урожай даже в условиях массовых сильных поражений. Примером может служить 2001 год, когда осенью 2000 года снег выпал на мокрую теплую землю, что нами наблюдалось в Подольском районе Московской области (учхоз Михайловское и на опытном поле Московской сельскохозяйственной Академии им. К.А. Тимирязева – МСХА). Почвы здесь тяжелые глинистые, агрофон низкий. В учхозе Михайловское (отделение Красная Пахра) в 2001 году возделывались хемомутантный сорт Имени Рапопорта и сорт Московская 39, созданный с использованием традиционных методов селекции, вне метода химического мутагенеза. Последний был принят нами за стандарт. Оба сорта были полностью поражены снежной плесенью – 100% поражение. Сорт Имени Рапопорта обладает высокими адаптивными свойствами, в частности высокими зимостойкостью и засухоустойчивостью. Одним из компонентов этих свойств является степень регенерационной способности. Хемомутантный сорт Имени Рапопорта обладает высокой регенерационной способностью вместе с высоким индексом кущения при сохранении узла кущения и способности его к отрастанию.

Всё это вместе обеспечило высокую плотность стеблестоя (в среднем 600–700 продуктивных стеблей из расчета на 1м<sup>2</sup>). Степень густоты стеблестоя по данным наших исследований и, по-видимому, всегда вносит наиболее весомый вклад (по сравнению с другими признаками, определяющими элементы структуры урожая) в урожай сорта того или иного года. Урожай хемомутантного сорта Имени Рапопорта составил в учхозе Михайловское 40 ц/га, сорт Московская 39 оказался в проигрыше: регенерационная способность и степень кустистости сильно уступили сорту Имени Рапопорта. Густота стояния этого сорта, который в настоящее время во многих случаях принимается за стандарт, была более чем вдвое ниже, чем у сорта Имени Рапопорта и составила в среднем 300 и менее продуктивных стеблей из расчета на 1м<sup>2</sup>. Урожай составил 8 ц/га, т.е. в 5 раз ниже по сравнению с сортом Имени Рапопорта. Таким образом, можно заключить, что адаптивные свойства сорта, его регенерационная способность и способность к кущению определяют густоту стеблестоя и посредством этого – способность к формированию того или иного урожая. Описанная способность формировать урожай без урона даже при столь сильном поражении снежной плесенью, которое было в 2001 году в Подольском районе у сорта Имени Рапопорта и не терять качество зерна, мы определяем как толерантность. Благодаря густому стеблестоя и подавлению сорняков, сорт Имени Рапопорта не нуждался в гербициде, стоял без сорняков, сорт Московская 39 забивался сорной растительностью. Высокая регенерационная способность и толерантность к снежной плесени способствовали осуществлению возможности профилактической защиты окружающей среды и получению продукции, свободной от токсичных и вредных для здоровья человека ядохимикатов, благодаря самозащите хемомутантного сорта от сорняков. Нелёгкое финансовое положение многих хозяйств в настоящее время определяет к тому же меньшие затраты при возделывании толерантного сорта, что актуально.

На опытном поле МСХА, которое располагается за несколько километров от учхоза Михайловское на таких же тяжёлых глинистых почвах, фузариозная снежная плесень была в 2001 г. также сильно развита. На нём хемомутантные сорта Имени Рапопорта, Солнечная, Беседа, Белая были также сильно поражены фузариозной снежной плесенью и,

также, как в учхозе Михайловское – на 100%. Обладая толерантностью эти сорта отрасли, восстановили стеблестой и сформировали урожай 50–60 ц/га в конкурсном сортоиспытании, что превышает урожай стандартного сорта Московская 39 на 10–15 ц/га. Сорта Сибирская нива, Булава, и хемомутантные образцы меньше поразились фузариозной снежной плесенью на делянках конкурсного сортоиспытания по сравнению с сортами Имени Рапопорта, Солнечная, Беседа, Белая. Поражение сортов Булава и Сибирская нива составило 30–40%, урожай 50–60 ц/га, т.е. он соответствовал урожаю сортов Имени Рапопорта, Белая, Беседа, Солнечная, которые были поражены на 100%.

В течение более 10 лет (2003–2014 гг.) коллектив мутационной селекции и профилактической защиты окружающей среды ведёт исследования на экспериментальной базе Главного Ботанического сада, в Отделе отдалённой гибридизации (Снегири Истринского района Московской области). Здесь также присутствуют тяжёлые глинистые почвы. По-видимому, эти почвы немало инфицированы фузариозной снежной плесенью, т.к. провокационный инфекционный фон по отношению к ней всегда высок. Закономерность по степени поражения и возобновления стеблестоя вышеназванных хемомутантных сортов и образцов повторяется из года в год.

Данная закономерность подтверждается в Михнево Ступинского района Московской области. На полях Московского отделения Всероссийского Института растениеводства (МОВИР) им. Н.И. Вавилова в 2004 году по 1 гектару занимали хемомутантные сорта Белая и Беседа. Сорт Имени Рапопорта рос на 15 га, сорт Солнечная в конкурсном сортоиспытании. На таком же сильном инфекционном провокационном фоне и низком агрофоне, без удобрений и весенней подкормки хемомутантные сорта Белая и Беседа сформировали урожай 60 ц/га и более. Сорт Имени Рапопорта, росший на неудобьях и также без удобрений и весенней подкормки – 45 ц/га.

Фузариозная снежная плесень развивается в ряде случаев и на песчаных почвах, хотя несколько реже, чем на глинистых. Например, на песчаных и супесчаных почвах Ногинского района Московской области в хозяйстве Чапаевец был в 1993 году сильный инфекционный провокационный фон поражения снежной плесенью. Исследования проводили в районе деревень Беседы и Ботово на площади

150 га. Толерантность в виде отрастания и возобновления стеблестоя с хорошей регенерационной способностью у тех же представленных выше сортов тоже была высокой, но кустистость несколько уступала, очевидно в связи с ещё более низким агрофоном, что отразилось на густоте стеблестоя. Однако густота стеблестоя была достаточно плотной. Число продуктивных стеблей в среднем на 1м<sup>2</sup> составляло 400–450. Сорняки подавлялись. Состоялась безгербицидная профилактическая защита от сорняков. Однако урожай был ниже по сравнению с урожаями у представленных выше сортов, возделывавшихся на глинистых почвах и составляла 30–35 ц/га, также без удобрений и подкормок. Нужно сказать, что 90-е годы были весьма трудными в финансовом отношении для многих хозяйств. Поэтому высокие адаптивные свойства, толерантность к снежной плесени и нетребовательность к агрофону были в этот период особенно актуальны. Они актуальны и сейчас.

Показателен пример хозяйства Кудиново Ногинского района Московской области. Недалеко от деревни Исаково наблюдалось значительное развитие снежной плесени на поле площадью 80 га. Поражение составляло у сорта Белая в разных частях поля от 30 до 60% на легких песчаных почвах. Достаточно плотный стеблестой подавил развитие сорняков, но поскольку в поле были низкие места, так называемые «чаши», или «блюдца», определившие вымокание в этих местах и некоторое разрежение стеблестоя, густота стояния здесь была понижена. Тем не менее поле было чистым. Ни гербицид, ни фунгицид не были нужны, урожайность составила 37 ц/га.

Для нетолерантных сортов особенно опасна ситуация, когда сильное поражение снежной плесенью сочетается с другими неблагоприятными условиями перезимовки, например с условиями, провоцирующими вымерзание, ледяные корки, вымокание, выпревание (задыхание растений под долго лежащим снегом, когда он становится теплопроводным).

Вернёмся в Подольский район, учхоз Михайловское (отделение Красная Пахра в 1998 году). Сильно развитая снежная плесень в совокупности с выпреванием, ледяными корками, вымоканием, вымерзанием погубила на 95% стандартный сорт Инну, который в результате этого урожай не сформировал (см. рисунок), а сорт Имени Рапопорта, расположенный рядом на том же поле перезимовал, сохра-

нился на 95% и сформировал урожай 46,7 ц/га. Сорт Инна так же, как и сорт Московская 39 был создан с использованием только традиционных методов селекции, вне метода химического мутагенеза.

За период наших многолетних наблюдений в разных хозяйствах Московской области бывали ситуации, когда при 100%-ном поражении снежной плесенью и гибели узла кушения у части растений и отсутствия отрастания у них посевы были разреженными. В тех немногих случаях, когда посевы хемомутантных сортов озимой пшеницы были изрежены, это разрежение было чаще сосредоточено на бедных песчаных почвах и, как правило, около леса. Так было в 1993 году в хозяйстве Чапаевец Ногинского района близ деревни Ботово в отношении сорта Беседа и в 1988 году в хозяйстве Кудиново около деревни Марьино в отношении сортов Имени Рапопорта, Белая, Беседа. Подвергшиеся негативному естественному отбору, эти сорта изредились очевидно по причине «отсечения» у них неустойчивых генотипов на сильном провокационном инфекционном фоне низкого плодородия почвы. Здесь сыграла роль неоднородность генотипов этих сортов по малым мутациям количественных признаков, их разной концентрации при разных комбинациях в потомстве хемомутантных сортов. Наличие

малых мутаций в разных количествах и при разной силе их действия мы неоднократно наблюдали в отношении разных признаков.

Только один раз наблюдалось разрежение стеблестоя на тяжёлых глинистых почвах. Это было в 2004 году в Михнево Ступинского района Московской области на поле Московского отделения ВИР. У образца под номером 7564 (теперь сорт Солнечная), росшего рядом с лесом, наблюдалось выпадение части растений по причине генотипической неоднородности. Эта часть растений имела повреждённый узел кушения, что препятствовало восстановлению стеблестоя, аналогично как это было в двух предыдущих случаях в отношении сортов Имени Рапопорта, Беседа, Белая в 1993 и в 1988 гг.

Однако в описанных трёх случаях разрежения посевов при 100% поражении снежной плесенью нельзя отрицать толерантность, т.к. в обычных условиях была хорошая регенерационная способность и восстановление плотности стояния продуктивных стеблей. Просто провокационный фон в условиях расположенного рядом леса был особенно силён. Данные три случая выпадения части растений были использованы нами для отбора наиболее толерантных генотипов внутри каждого сорта. Теперь эти четыре сорта



Рис. Перезимовка хемомутантного сорта им. Рапопорта в сравнении с сортом Инна (стандарт) Московская обл. Подольский р-н. Учхоз Михайловское. 1998 г. с крайне неблагоприятным осенне-зимне-весенним периодом (слева – хемомутантный сорт Имени Рапопорта. 95% перезимовавших растений. Урожай 46,7 ц/га. Справа (через промежуток) – сорт Инна, немутантный, *стандарт*. 95% гибели растений после зимы: снежная плесень, вымокание, вымерзание, выпревание)

Имени Рапопорта, Беседа, Белая, Солнечная в условиях эпифитотий фузариозной снежной плесени особенно хорошо регенерируют и восстанавливают стеблестой. Последнее, очевидно, является одной из причин того, что в описанных выше случаях массового 100%-го поражения в 1988, 2001, 2004 и в другие провокационные годы эти сорта не теряли в урожае и формировали достаточно высокие урожаи даже на низких агрофонах, когда многие хозяйства в условиях настоящего времени не могут применять весь набор технологий, а в то же время возделывают хемомутантные сорта часто без пестицидов и гербицидов, при сохранении урожая даже в условиях эпифитотии фузариозной снежной плесени при массовом 100 %-ом поражении и при низком плодородии почвы. Данные сорта и образцы требуют уменьшенных объемов фунгицидов и гербицидов, или сохраняют урожай в их отсутствии. Это определяет сохранность

окружающей среды и продукции от загрязнения и отравления токсичными ядохимикатами.

#### **Выводы**

Выделены хемомутантные сорта и образцы озимой пшеницы, толерантные к фузариозной снежной плесени, что имеет основанием высокую регенерационную способность, способность к хорошему кущению и густому стеблестоя при сохранении узла кущения и урожая. Отборы на усиленном провокационном фоне при эпифитотии фузариозной снежной плесени повышают степень толерантности и более закрепляют её в поколениях.

Выделены хемомутантные сорта и образцы менее поражаемые фузариозной снежной плесенью по сравнению со стандартными сортами, созданными с использованием только традиционных методов селекции, вне метода химического мутагенеза.

#### **Литература**

1. Эйгес Н.С., Волченко Г.А., Волченко С.Г. Виды устойчивости к фитопатогенам, возникающие под влиянием супермутагена этиленмина у озимой пшеницы // Альманах научных открытий. Актуальные проблемы современной науки. Материалы научных трудов. – 2013. – 2, № 1. – С. 64–68.
2. Эйгес Н.С., Волченко Г.А., Волченко С.Г. Устойчивость к фитопатогенам, полученная с использованием метода химического мутагенеза на озимой пшенице // Збірник наукових праць Уманського Національного університету садівництва. – Умань, 2013. – Вып. 83. – С. 135–145.

#### **EIGES N.S., VOLCHENKO G.A., VOLCHENKO S.G.**

*FGBen Institute of Biochemical Physics N.M. Emanuel,  
Russia, 119334, Moscow, Kosygin, 4, e-mail: volchenkos@mail.ru*

#### **TOLERANCE TO LOW-TEMPERATURE PHYTOPATHOGENE, OBTAINED BY UTILIZATION OF THE CHEMICAL MUTAGENESIS METHOD ON WINTER WHEAT**

**Aims.** Investigations of winter wheat perspective chemomutant varieties and patterns, received by utilization of chemical mutagenesis method on the resistance and tolerance to snow mould. Investigation of the tolerance and regeneration ability in various conditions. **Methods.** The objects of investigation are the best chemomutant varieties and perspective patterns, received by utilization of the chemical mutagenesis method in comparison with varieties, received by traditional methods only, without the chemical mutagenesis method. Provocative background for discovery the tolerance and resistance to phusariose snow mould was natural only and strong, on the level of epiphitoties. **Results.** In result of many years investigations in model experiments and in the farmings in various regions of Moscow oblast it was found the number of chemical mutant varieties and patterns, tolerant to snow mould. It determines preservation of the harvest even on low agrobackground of loamy and sandy light soils. It was found that the basis of the tolerance is a high regeneration ability to good bushing and to thick stem standing. Also the chemomutant varieties are the basis of the prophylactic protection of the environment and agricultural production against high toxic phungicides and herbicides. **Conclusion.** The chemical mutagenesis method of I.A. Rapoport is high effective, including in relation to creation a sign of tolerance to phuzarios snow mould on the basis of mutations complex, which determinates the high regeneration ability and ability to good bushing out and to form thick stem standing. Received data permit to decrease volumes of agricultural chemical weed-killers and pest-killers, or decline of them for prophylactic protection of environment and have ecology pure agricultural production.

**Key words:** Chemical mutagenesis method, resistance, tolerance, regeneration ability, mutant varieties.