

СНЕЖНЫЕ ПЛЕСЕНИ: РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ (обзор)

О.Б. ТКАЧЕНКО¹, А.В. ОВСЯНКИНА², А.Г. ЩУКОВСКАЯ¹

Возбудители снежных плесеней — низкотемпературные грибные и грибоподобные организмы, которые могут поражать не только травянистые озимые и многолетние растения, но и древесные формы. Как правило, патогены инфицируют культуры осенью, развиваются под снежным покровом и в начале весны, когда сохраняются пониженные температуры. В обзоре показана история возникновения терминологии, используемой при изучении патогенных низкотемпературных грибов, приведены названия различных снежных плесеней и их возбудителей в России. Подробно представлена история работ и современное состояние методов борьбы с возбудителями снежной плесени: агрохимических, химических, биологических и селекционных. В качестве примеров приводятся исследования, проведенные в различных регионах и странах: в Северной Америке (США, Канада), Северной Европе (Швеция, Норвегия, Финляндия), Азии (Япония). Отдельное внимание уделено отечественным работам. К агрохимическим методам, способствующим уменьшению поражения растений снежными плесеньями, относятся севообороты с культурами, которые не принадлежат к числу хозяев для возбудителей снежной плесени; глубокая вспашка; ранний или очень поздний сев; размещение материалов черного цвета, поглощающих солнечную энергию, на снегу, что способствует его быстрому таянию весной; ежемесячные подкормки некоторыми компостами. Такой химический метод, как протравливание семян, испытан против снежной плесени и широко используется для борьбы с фузариозной инфекцией семян, вызываемой *Microdochium nivale* в северной Европе. В России против тифулеза озимых зерновых культур [*Typhula incarnata* и *T. idahoensis* (син. *T. ishikariensis*)] рекомендовалось протравливание озимых зерновых байтаном универсалом, байтаном, бенлатом (фундазолом), гранозаном и пентиурамом. Опрыскивание фунгицидами экономически выгодно в годы с сильным поражением снежной плесенью, однако эффективность фунгицидов против разных видов возбудителей неодинакова. В статье представлены примеры препаратов, используемых при борьбе с различными видами снежной плесени. При разработке биологических приемов борьбы со снежной плесенью в качестве антагонистов могут использоваться как мезофиллы в период состояния покоя у возбудителей снежных плесеней в летние месяцы, так и низкотемпературные биоагенты, активные во время развития патогенов. В ряде работ против снежных плесеней, вызываемых *Typhula* spp., использовали как естественные супрессоры (например, компосты), так и антагонистические организмы. Целенаправленной селекции по устойчивости растений к снежным плесеньям в России не проводили. Тем не менее, был выполнен ряд исследований по выявлению видов зерновых, устойчивых к различным видам снежных плесеней. Так, на инфекционном фоне проведена иммунологическая оценка 500 сортообразцов мировой коллекции ВИР (г. Санкт-Петербург) и сортов отечественной селекции и отобраны формы, обладающие устойчивостью: Шатиловская тетра, Популяция I-82 тетра, Сибирская крупнозернистая, Таежная, Кировская 89, Вятка 2, Дымка, Росинка, Илим, Фаленская 4, Пурга, Ф4-92, Чулпан 3, Короткостебельная 6, Харьковская 88, Татарская 1, Безенчукская 88, Волхова, Таловская 29; LAD-287 St-2614, Antonnisnie, Leelondzkie Kartowe № 1, Leelondzkie Krotnoslomix × Baltycnie (Польша), Epos, Rerus (ГДР), Inzucht 74/2, Inzucht 108/8 (Швеция), к-10953 (Финляндия), Feniks (Бельгия), к-11385 (Югославия), к-11150, к-11389 (Португалия), к-11306 (Аргентина), к-11179, к-11180 (США), к-11388 (Таджикистан), к-11398 (Грузия), к-11131 (Азербайджан), Белга тетра (Беларусь), Beve (Украина).

Ключевые слова: низкотемпературные грибы, снежная плесень, выпревание, агротехнический метод, химический метод, биологический метод, селекционный метод.

Возбудители снежных плесеней — низкотемпературные грибные и грибоподобные организмы, вызывающие поражение зимующих растений (1, 2). Низкотемпературные грибы ранее называли психрофильными (успешно развиваются при пониженных температурах) и психротрофными (поражают растения при пониженных температурах, но способны расти в мезофильных условиях). Эти обозначения были взяты из работы по низкотемпературным бактериям R.Y. Morita (3). Недавно опубликована статья Т. Hoshino и N. Matsumoto (4), которые предложили термин «криофильные грибы», поскольку грибы представляют собой более сложные орга-

низмы, чем бактерии, и часто в цикле их развития имеются как мезофильные, так и психрофильные стадии. Возбудители снежных плесеней могут поражать не только травянистые озимые и многолетние растения, но и древесные формы, например сеянцы сосны 1-го года (5) или нижние части ветвей деревьев под снегом (6).

В СССР при изучении снежных плесеней оперировали термином «выпревание» (7-9), который появился в XIX веке еще до изучения низкотемпературных грибов (10) и отражает физиологические изменения растений, но не инфекционный характер заболевания (11, 12). Снежной плесенью в Советском Союзе и России называли только заболевание, вызываемое грибом *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. (13). В мировой научной литературе существует много названий снежных плесеней: розовая снежная плесень, вызываемая грибом *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & Hallett [син. *Fusarium nivale* (Fr.) Ces.] (14-16); серая снежная плесень, возбудитель — гриб *Typhula incarnata* Lasch. ex Fr. (17, 18); крапчатая, или серая, снежная плесень, которую вызывает гриб *T. ishikariensis* S. Imai (17, 19, 20); склероциальная снежная плесень, возбудитель — гриб *Sclerotinia borealis* Bubak & Vleugel [син. *Myriosclerotinia borealis* (Bubak & Vleugel) Kohn, *S. graminearum* Elenov et Solkina], часто именуемая «snow scald» или «snow blight» (снежный ожог) (21, 22); еще не получившая названия относительно недавно описанная снежная плесень, вызываемая грибом *S. nivalis* I. Saito (23); питиозная снежная плесень, возбудитель — грибоподобные оомицеты *Pythium* spp. (*P. iwayamai* S. Ito, *P. okanoganense* P.E. Lipps и *P. paddicum* L.) (24-26) и др.

Сложность борьбы со снежными плесенями заключается в том, что патогены инфицируют культуры, как правило, осенью, развиваются под снежным покровом и в начале весны, когда сохраняются пониженные температуры. В этот период опрыскивание растений фунгицидами затруднено или невозможно. Различным формам снежной плесени благоприятствуют высокий снежный покров и затяжная весна. Развитие склероциальной снежной плесени, которую вызывает некротроф *S. borealis*, провоцируется подмерзанием растений. И наоборот, поражению биотрофом *T. ishikariensis* способствует непромерзлая почва. Поэтому склероциальная снежная плесень превалирует в районах, где растения подмерзают (Поволжье, Урал, Сибирь) (27). Однако новосибирские популяции гриба *T. ishikariensis* значительно более адаптированы к замерзанию, чем московские штаммы (28). Кроме того, точно прогнозировать условия зимы трудно, сильное развитие снежных плесеней происходит довольно редко, а стоимость защитных мероприятий высока.

Для борьбы со снежными плесенями применяют агротехнические, химические и биологические методы. Еще один способ уменьшения поражения снежными плесенями — селекция устойчивых к ним растений.

Агротехнический метод. При возделывании ржи чередование культур и глубокая вспашка уменьшают количество инокулюма *S. borealis* в пределах поля (5, 29), но не обеспечивают эффективной борьбы с грибом из-за того, что аскоспоры по воздуху заносятся главным образом с некультивируемых земель, например с лугов.

Размещение поглощающих солнечную энергию материалов черного цвета на снегу способствует его таянию весной, и ущерб от снежной плесени может быть уменьшен. Так, еще В.В. Гуляев рекомендовал при поздней весне с растянутым таянием снега сгонять его искусственно (особенно в пониженных местах), разбрасывая по поверхности торфяную крошку или золу (5). Многие авторы (30-32) изучали влияние графитового и

угольного порошка на ускорение таяния снега. Механическое удаление снега непрактично (33) и может увеличить повреждение растений из-за того, что они очень чувствительны к заморозкам ранней весной после того, как снег убран (34).

Севооборот и глубокая вспашка — основные меры, снижающие число склероциев в почвах. Такая агрономическая практика помогает минимизировать поражение фуражных бобовых, вызываемых *S. trifoliorum* и *S. sativa* на зимующих двудольных культурах (35, 36).

Ранний сев озимой пшеницы осенью позволяет более окрепшим растениям перенести поражение крапчатой снежной плесенью лучше, чем мелким растениям при более поздних посадках (22, 34, 37). Поля, засеянные очень поздно, иногда избегают инфицирования, но если растения оказываются инфицированными, то они погибают (34). У рано посаженных растений листья часто уничтожаются снежной плесенью, но растение в целом отрастает вновь из узла кушения и оправляется. Полевые опыты и эксперименты в климатических камерах (38, 39) подтверждают, что те растения, которые крупнее, переживают такие снежные плесени, как крапчатая и розовая, лучше, но на более крупных образуется больше склероциев, что усиливает инфекционную нагрузку на почву.

Хотя сроки посева существенно влияют на развитие снежной плесени, от других агрономических приемов в этот период (обработка почвы, оборудование, глубина посева) оно не зависит (34, 37, 39).

В наибольшей степени на развитие болезни воздействует удобрение азотом. Из-за его применения на газонных травах развитие снежной плесени увеличивается (40). Ежемесячные подкормки некоторыми компостами эффективны в сдерживании широкого круга болезней, включая снежные плесени, вызываемые грибами *Typhula* spp. и *Microdochium nivale* (41).

При севообороте с культурами, которые не относятся к числу растений-хозяев для возбудителей снежной плесени, ее развитие уменьшается. У озимой пшеницы, выращиваемой на поле, где в течение нескольких лет возделывалась яровая пшеница, поражение грибом *T. idahoensis* ниже, чем при посеве после озимой (31). После люцерны склероциев *T. idahoensis* было больше, чем после озимой пшеницы (42). Если на пшенице, посеянной после бобовых (люцерны, донника белого или гороха), наблюдалось незначительное поражение снежной плесенью, то с каждым посевом озимой пшеницы степень этого поражения возрастала (37).

Химический метод. Протравливание зерен испытано против снежной плесени (43, 44) и широко используется для борьбы с фузариозной инфекцией семян, вызываемой *M. nivale* в северной Европе (45). В России против тифулеза озимых зерновых культур [*T. incarnata* и *T. idahoensis* (син. *T. ishikariensis*)] рекомендовалось протравливание озимых зерновых байтаном универсалом, байтаном, бенлатом (фундазолом), гранозаном и пентиурамом (46), хотя рекомендация по протравливанию бензимидазольными препаратами беномилом, фундазолом и др. против *Typhula* spp. вызывает сомнение. Эффективность фунгицидов против различных видов возбудителей снежной плесени неодинакова, а в некоторых случаях обработка даже может стимулировать развитие снежной плесени. Например, пораженность грибами рода *Typhula* увеличивается при обработке беномилом (47, 48), церкобином М, бавистином (49). Усиление развития тифулеза в случае с беномилом связано со стимуляцией роста грибного мицелия (50) и подавлением антагонистической микобиоты (51). Поражение тифулезом может возрасти и при обработке другими пестицидами, например инсектицидом диметаланом (52).

В середине XX века для борьбы со снежными плеснями применяли ртутные и многие другие фунгициды, которые сейчас не разрешены по экологическим соображениям (53, 54). Как негативный аспект рассматривается то, что ртутные фунгициды не разлагаются на нетоксичные компоненты, остаются постоянно в почве, например на полях для гольфа (55), и могут загрязнять близлежащие водные экосистемы (56). В России использование ртутных соединений в фунгицидах запрещено (57).

Высказывается мнение, что опрыскивание полевых культур против снежной плесени в целом не экономично (33). Хотя фунгицид может эффективно защитить зерновые (44, 47, 58), эпифитотии случаются спорадически и невозможно заранее определить потребность в обработке. Опрыскивание фунгицидами экономически оправдано в годы с сильным поражением, когда удастся получить значительную выгоду (например, увеличение урожая, улучшение качества продукта или стабильный доход). Как результат, в большинстве работ по применению фунгицидов исследования проводили на газонах, особенно на газонах для гольфа из-за их высокой стоимости (59, 60).

В северной Японии, по данным I. Saito с соавт. (61), опрыскивание фунгицидами по листьям в начале зимы — обязательный прием при возделывании пшеницы, так как снежная плесень снижает ее урожай. *S. borealis* на пшеничных полях обычно встречается в сочетании с одним или более патогенами, вызывающими снежную плесень, например *T. ishikariensis* или *M. nivale*. Следовательно, необходим фунгицид, эффективный против всех этих патогенов, или смесь нескольких фунгицидов.

На Хоккайдо, где озимая пшеница культивируется более экстенсивно, чем еще где-либо в Японии, для борьбы со снежной плесенью рекомендуются следующие действующие вещества фунгицидов: флуазинам — против *S. borealis*, *T. ishikariensis*, *T. incarnata* и *M. nivale*, беномил — против *S. borealis*, тиофанат-метил — против *S. borealis*, иминоклазин триацетат — против *S. borealis* и *M. nivale*.

В Канаде перед установлением снежного покрова против серой снежной плесени применяют опрыскивание фунгицидами с действующими веществами хлоронебом, хлороталонилом, ипродионом, пропиконазолом, квинтозеном (62).

В США список разрешенных препаратов (представлены названия действующих веществ) против серой снежной плесени шире: азоксистробин, хлоронеб, хлоронеб + тиофанат-метил, хлороталонил + фенаримол, хлороталонил + тиофанат-метил, ципроконазол, фенаримол, флютоланил, ипродион, ПХНБ (пентахлорнитробензол), пропиконазол, тирам, триадимефон, винклозолин (63).

В настоящее время в Российской Федерации, согласно списку разрешенных на 2014 год фунгицидов (57), допускаются к использованию фунгициды со следующими действующими веществами: азоксистробин, ипродион, пропиконазол, тирам, триадимефон, фенаримол, хлороталонил, ципроконазол (отметим, что рекомендаций по их применению на газонных травах и озимых зерновых против снежной плесени нет). Против снежной плесени (в том числе тифулезной) рекомендовано предпосадочное протравливание зерна озимой ржи препаратами со следующими действующими веществами: карбендазим — препараты колфуго супер, КС, колфуго супер колор, КС («Agro-Chemie Kft.», Венгрия); феразим, КС (ООО «Агро Эксперт Групп», Россия); карбонар, КС (ООО «Агробюро РУС», Россия); карбендазим + карбоксин — препарат колфуго дуплет, КС («Agro-Chemie Kft.», Венгрия); сложная смесь клотианидин + флуоксаст-

робин + протиокназол + тебуконазол — препарат сценик комби, КС («Bayer CropScience AG», Германия).

В литературе описан фунгицид терминатор с теми же действующими веществами, что и в препарате колфуго дуплет (64), однако в список пестицидов, разрешенных к применению на территории РФ (57), этот фунгицид не включен.

В России против склероциальной снежной плесени ржи (*S. borealis*) зарегистрированных фунгицидов нет. По данным Всероссийского НИИ защиты растений (г. Санкт-Петербург) (64), эта болезнь особенно распространена в Центральном и Волго-Вятском регионах, где потери достигают 20-25 % урожая.

Испытание фунгицидов показало, что при защите злаковых трав и озимых зерновых от серой снежной плесени (*T. ishikariensis*) наиболее эффективно опрыскивание листовой поверхности растений перед установлением постоянного снежного покрова препаратами альто (0,2 л/га), альто супер (0,4 л/га) («Syngenta AG», Швейцария) или сочетанием вышеперечисленных обработок с предпосадочным протравливанием семян препаратами дивидент стар (2 л/т) и дивидент тоталь (2 л/т) («Syngenta AG», Швейцария) (65). Только протравливание семян озимых зерновых против серой снежной плесени неэффективно, но, учитывая защитное действие этих протравителей против корневых гнилей, целесообразно сочетать протравливание семян с наземной обработкой с помощью испытанных фунгицидов (65). В полевых условиях наилучшую защиту от поражения озимых зерновых снежной плесенью (*M. nivale* и *T. ishikariensis*) обеспечивало опрыскивание посевов перед установлением снежного покрова препаратами альто супер и тилт при расходе 0,5 л/га. Биологическая эффективность применения этих препаратов составила соответственно 96,1 и 93,1 %. Установлено (66), что обработка растений регуляторами роста оберег (ООО «Ортон», Россия) и силк (ЗАО «Элха-Силк» и «Саяны-Элха», Россия) сдерживает заражение растений грибом *T. ishikariensis* на 30 сут, фунгицидом альто супер — на 75-90 сут в зависимости от высоты и длительности сохранения снежного покрова. Защитное действие фунгицида альто супер проявлялось на протяжении 75-90 сут при благоприятных для развития тифулеза погодных условиях и 90-105 сут — при менее благоприятных. При сочетании протравливания семян препаратом максим и осеннего опрыскивания альто супер растения пшеницы в течение вегетации превосходили контроль по физиологическим показателям (содержание хлорофилла, водоудерживающая способность, сухая масса растений) и, в конечном счете, по урожайности, которая была на 70-80 % выше контрольной. Биологическая эффективность осенней обработки озимых культур препаратом альто супер (0,5 л/га) составляла 80-90 % и не зависела от применяемых протравителей семян, причем в условиях умеренного развития тифулеза эффективной была даже половинная норма (0,25 л/га). В работе на 10 видах газонных трав (67) в качестве возбудителей розовой снежной плесени рассмотрены восемь видов рода *Fusarium* Link, включая *M. nivale*. Выявлена высокая эффективность фунгицида браво, КС (действующее вещество хлороталонил, 500 г/л) при норме 2,0 л/га для осеннего опрыскивания травостоев райграса пастбищного и овсяницы красной. Этот препарат в 2010-2011 годах снизил развитие розовой снежной плесени в 2-4 раза эффективнее эталонного препарата квадрис, СК (действующее вещество азоксистробин, 250 г/л).

Из-за сложности прогнозирования погодных условий часто вместо одной обработки приходится проводить несколько. На рынке периодиче-

ски появляются новые действующие вещества и формулы, но защите от снежной плесени при помощи фунгицидов требуется альтернатива (68).

Биологический метод. При разработке биологического метода необходимо прежде всего изучить взаимоотношения между организмами (69). В случае с низкотемпературными формами в качестве антагонистов могут использоваться как мезофиллы в период состояния покоя у возбудителей снежных плесеней (склероции) в летние месяцы, так и низкотемпературные биоагенты, активные во время развития патогенов (70).

В ряде работ против снежных плесеней, вызываемых *Typhula* spp., использовали как естественные супрессоры (например, компосты), так и антагонистические организмы.

Ежемесячное внесение относительно небольших количеств супрессивных компостов (5 кг/100 м²) во время вегетации может подавлять многие болезни газонных трав, включая снежную плесень, вызываемую грибами рода *Typhula* (71, 72). Также эффективно внесение ударных доз (100 кг/100 м²) некоторых компостов на поля для гольфа поздней осенью. Главная проблема использования супрессивных компостов — их различная эффективность по годам и участкам (73).

В Швеции изучали влияние 164 бактериальных изолятов при обработке семян против гнили корней, вызываемой *Fusarium culmorum* и возбудителя снежной плесени *M. nivale*. Отмечена эффективность трех флуоресцентных псевдомонад и одного изолята рода *Pantoea* (изолят MF 626), результативность которых не уступала таковой у фунгицида Guazatine (74). Эксперименты по сравнению обработки семян и опрыскивания бактерией *Pseudomonas brassicacearum* (штамм МА₂₅₀) при посеве показали некоторую эффективность, но при опрыскивании она была меньше (75).

Биофунгицид Елена, Ж на озимой пшенице сорта Безенчукская обладает биологической эффективностью против снежной плесени на уровне химического фунгицида феразим, КС, а также ростостимулирующими свойствами, что позволяет ему даже в экстремальных метеоусловиях (засуха) обеспечить высокую урожайность зерновых культур (76).

Некоторые виды рода *Trichoderma* — антагонисты летних склероциев *T. incarnata* и могут уменьшать потенциал инокулюма у возбудителя серой снежной плесени. Жизнеспособность склероциев значительно уменьшалась после инкубации с культурами *Trichoderma* в течение 6 сут (77).

Выявлено (78), что летом в полевых условиях от микопаразитов естественным образом гибнет более 90 % склероциев *T. incarnata*, тогда как склероции *T. ishikariensis* биотипа А в основном выживают. Из склероциев *T. incarnata* были выделены микопаразиты *Coniothyrium minitans* Campbell, *Gliocladium roseum* Bain. и *Trichoderma* spp. Все они в лабораторных условиях паразитировали и на *T. ishikariensis* биотипа А. Однако практического результата получить не удалось, так как даже несколько выживших склероциев осенью могут вызвать распространение возбудителя базидиоспорами, а обработка в поле микопаразитами склероциев *T. ishikariensis* биотипа А во время вегетации растений чрезвычайно затруднена.

Попытки использовать в качестве антагонистических организмов бактерии не привели к заслуживающим внимание результатам, хотя выявлены изоляты флуоресцирующих псевдомонад, антагонистичные в отношении *Typhula incarnata* и *T. ishikariensis* биотипов А, В и С (78-80). Кроме того, были выделены два штамма *Bacillus* sp. с подобными свойствами (80).

Typhula phacorrhiza вначале считали патогеном, ранее не отмеченным на газонах, но этот вид также не оказался патогенным на полевице

болотной в полевых опытах с инокуляцией. Наоборот, гриб подавлял развитие серой снежной плесени (81-83). В Японии подобный *T. phacorrhiza* гриб подавлял снежную плесень на райграсе пастбищном (84). В Канаде изоляты *T. phacorrhiza*, выделенные из остатков пшеницы, различались по способности подавлять серую снежную плесень в полевых опытах в течение более чем 3-летнего периода (85, 86). Был проведен скрининг эффективности более чем 29 изолятов *T. phacorrhiza* на 14 видах растений против *T. ishikariensis* и *T. incarnata* (87, 88) и выявлен наиболее активный штамм TP94671. При испытаниях изолятов *T. phacorrhiza* не отмечали строгую корреляцию между данными лабораторных и полевых опытов, поэтому лабораторные результаты не могут служить предварительными при выборе антагонистических штаммов (89). Вытеснить с полей серую снежную плесень, очевидно, помогает большая способность к утилизации структурных и запасных углеводов в сочетании с более широким интервалом температурного оптимума у *T. phacorrhiza*, чем у патогенных *T. ishikariensis* и *T. incarnata* (90).

Одна возможная проблема, связанная с использованием *T. phacorrhiza* как биоагента, заключается в его потенциальной патогенности. Некоторые изоляты *T. phacorrhiza* были патогенны на пшенице в контролируемых условиях окружающей среды и полевых условиях (91, 92). В других полевых опытах изоляты *T. phacorrhiza* не были патогенны в отношении ряда видов газонных трав (89).

В России *T. phacorrhiza* в борьбе с наиболее агрессивной крапчатой снежной плесенью (возбудитель *T. ishikariensis*) впервые применила С.В. Тазина (93). Осеннее внесение гриба *T. phacorrhiza* на посевы озимой пшеницы с инфекционным фоном *T. ishikariensis* приводило к снижению поражения крапчатой снежной плесенью в весенний период. Биологическая эффективность защиты озимых зерновых при использовании гриба *T. phacorrhiza* (200 г/м²) составила 75,2 %, что на 30,3 % больше, чем после обработки фундазолом, и на 17,6 % больше, чем при применении байлетона.

В субарктических районах Аляски найден психротолерантный гиперпаразит *Trichoderma atroviride* P. Karst. Было обнаружено, что он сдерживал развитие целого ряда возбудителей снежной плесени: *Coprinus psychromorbidus*, *Microdochium nivale*, *Myriosclerotinia (Sclerotinia) borealis*, *Pythium* spp., *Typhula incarnata*, *T. idahoensis* и *T. ishikariensis* (биологический вид 1 по N. Matsumoto с соавт.) (94-98). *T. atroviride* — мезофилл, который хорошо адаптирован к холоду. Его температурный диапазон от 4 °С (и ниже) до 33 °С, что позволяет использовать его для борьбы с фитопатогенами, вызывающими поражение корней, стеблей и других органов растений в холодных условиях, когда ткани растений уязвимы. *T. atroviride* быстро растет и образует большое количество спор. Изолят CHS 861 *T. atroviride* обладает естественной резистентностью к металоксилу (ридомилу), каптану и ПХНБ (террахлору) (95). *T. atroviride* может использовать снежные плесени как источник питания. Гифы гриба свободно проникают через клеточные стенки и переплетают гифы возбудителя снежной плесени. Клетки разрушаются и быстро лизируются. Продуцируемые *T. atroviride* хитинолитические энзимы, по-видимому, играют большую роль в микопаразитизме на возбудителях снежной плесени (96).

Обнаружены и другие организмы, способные подавлять развитие возбудителей снежных плесеней, например описанный в Канаде низкотемпературный гриб *Actemonium boreale* Smith & Davidson (99). Он также антагонистичен по отношению к другим патогенам, вызывающим снежную

плесень, проявляет слабые паразитические свойства на двух видах трав, но не подавляет *M. nivale* и low temperature basidiomycete (LTV) в опытах в контролируемых условиях (100).

При изучении нематофауны озимой пшеницы в очагах розовой снежной плесени (101-104) были выделены несколько видов низкотемпературных микотрофных нематод, питающихся возбудителем розовой снежной плесени *M. nivale*, — *Aphelenchoides saprophillus* Franklin, *Paraphelenchus tritici* Baranovskaya, *Aphelenchus avenae* Bastian. Из видов микогельминтов, внесенных в пробирки с мицелием гриба *M. nivale*, наиболее интенсивно развивался *A. saprophillus*. Этот вид при температуре 5 °C уничтожил мицелий гриба в течение 60-70 сут после внесения в пробирку, при этом его численность составила 1208 экз. на пробирку. В присутствии видов *P. tritici* или *A. avenae* через 60-70 сут мицелий гриба находился только на 40-50 % поверхности питательной среды. Численность нематод при этом была значительно ниже, чем в пробирках с *A. saprophillus*. Проведение полевого мелкоделяночного опыта с внесением микогельминта *A. saprophillus* (160 000 экз., 80 000 экз. и 38 000 экз.) на посеvy озимой пшеницы, пораженной розовой снежной плесенью, показало, что биологическая эффективность составила соответственно 62,7; 52,7 и 43,1 %. В первом варианте эффективность оказалась на 6,7 % выше, чем во втором, и на 45,3 % выше, чем в третьем. Нематоды не влияли на хозяйственную эффективность (урожайность), но они существенно снижали степень развития заболевания и улучшали продуктивные качества растений. Таким образом, микогельминты, способные размножаться при пониженных температурах, могут быть использованы как потенциальные биоагенты в борьбе с розовой снежной плесенью озимой пшеницы, а наиболее эффективным биоагентом против возбудителя розовой снежной плесени может считаться микогельминт *A. saprophillus*, который существенно ограничивает популяцию низкотемпературного гриба в осенне-зимне-весенний период.

Селекционный метод. Устойчивость к снежным плесеням изучалась прежде всего у хозяйственно значимых культур, таких как озимые зерновые. История селекционных работ по выведению устойчивых сортов этих культур к снежной плесени в Северной Америке, странах северной Европы и Японии уже подробно представлена (105). В России целенаправленных исследований по селекции устойчивости к снежным плесеням не проводили, очевидно, из-за отсутствия возможности использовать климакамеры, способные создавать условия, близкие к зимним, как это делалось в США (106, 107) и Японии (108), а также потому, что эпифитотии наиболее вредоносного возбудителя снежной плесени в России *Typhula ishikariensis* происходят довольно редко.

Тем не менее, в России выполнен ряд исследований по выявлению видов зерновых, устойчивых к различным видам снежных плесеней. Так, на инфекционном фоне проведена иммунологическая оценка 500 сортов образцов мировой коллекции ВИР (г. Санкт-Петербург) и сортов отечественной селекции по проценту выпревания и интенсивности поражения листовой поверхности и отобраны обладающие устойчивостью образцы: сорта отечественной селекции — Шатиловская тетра, Популяция I-82 тетра, Сибирская крупнозернистая, Таежная, Кировская 89, Вятка 2, Дымка, Россинка, Илим, Фаленская 4, Пурга, Ф4-92, Чулпан 3, Короткостебельная 6, Харьковская 88, Татарская 1, Безенчукская 88, Волхова, Таловская 29; сортообразцы из мировой коллекции ВИР — LAD-287 St-2614, Antonnislne, Leelondzkie Kartowe № 1, Leelondzkie Krotnoslomix × Baltynie (Польша), Epos, Rerus (ГДР), Inzucht 74/2, Inzucht 108/8 (Швеция), к-10953 (Фин-

ляндия), Feniks (Бельгия), к-11385 (Югославия), к-11150, к-11389 (Португалия), к-11306 (Аргентина), к-11179, к-11180 (США), к-11388 (Таджикистан), к-11398 (Грузия), к-11131 (Азербайджан), Белта тетра (Беларусь), Вева (Украина) (109).

Высказывается мнение, что, кроме *Triticum aestivum*, у близких родов, таких как *Secale*, *Aegilops*, *Haynaldia*, *Agropyron* могут быть источники зародышевой плазмы для улучшения выживания зимой пшеницы, и предполагается, что *Ae. cylindrica* способен быть новым источником генетической устойчивости к снежной плесени (110, 111). Это положение нашло подтверждение (93). Среди проверенных сортов и гибридов озимой пшеницы на инфекционном фоне *T. ishikariensis* и *M. nivale* (93) наибольшую устойчивость к патогенам проявили гибриды ППГ-224 (пшенично-пырейный гибрид) и ПЭГ-149 (пшенично-элимусный гибрид). На основе химического мутагенеза из ППГ-186 получен перспективный сорт озимой пшеницы Имени Рапопорта (112, 113), который по многим показателям, в том числе по устойчивости к снежным плесеням, превосходил эталонные сорта Мироновская 808, Заря и Московская 39.

Нужно отметить, что российские сорта и линии часто оказывались устойчивее зарубежных образцов, несмотря на отсутствие целенаправленной селекции против снежных плесеней. Например, значительно более устойчивым к отсутствующему в России возбудителю пушистой снежной плесени (ЛТВ) в Канаде оказался образец из России, названный авторами Dormie (Соня) (114), а в западных странах эталоном устойчивости к низким температурам (часто сопровождаемым поражением снежной плесенью) служит сорт Валуевская.

Таким образом, сложность борьбы со снежными плесенями заключается в том, что патогены инфицируют культуры, как правило, осенью, развиваются под снежным покровом и в начале весны, когда сохраняются пониженные температуры. Существуют различные способы борьбы со снежными плесенями — агрохимические, химические, биологические и селекционные. Соответствующие разработки ведутся по всем направлениям, однако селекция на устойчивость продолжает быть основной стратегией. Здесь прогресс связан с идентификацией генетических факторов, контролирующих резистентность, с улучшением технологий отбора для ускорения селекции устойчивых линий. Активно развивается биологический метод, в том числе в России, где, кроме грибных и бактериальных организмов, впервые использован новый биоагент — микотрофная нематода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Matsumoto N. Snow molds: a group of fungi that prevail under snow. Minireview. Microbes Environ., 2009, 24(1): 14-20 (doi: 10.1264/jsme2.ME09101).
2. Hoshino T., Xiao N., Tkachenko O.B. Cold adaptation in phytopathogenic fungi causing snow molds. Mycoscience, 2009, 50(1): 26-38 (doi: 10.1007/S10267-008-0452-2).
3. Morita R.Y. Psychrophilic bacteria. Bacteriol. Rev., 1975, 39: 144-167.
4. Hoshino T., Matsumoto N. Cryophilic fungi to denote in the cryosphere. Fungal Biology Reviews, 2012, 26(2-3): 102-105 (doi: 10.1016/j.fbr.2012.08.003).
5. Гуляев В.В. Выпревание семян сосны в лесных питомниках. Труды Татарской лесной опытной станции (Казань), 1948, 9: 44-49.
6. Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р. Устойчивость сосны обыкновенной разного происхождения к грибным патогенам в географических культурах Приангарья. Хвойные бореальной зоны, 2007, XXIV(4-5): 454-460.
7. Туманов И.И., Бородин И.Н., Олейникова Т.В. Роль снежного покрова при перезимовке озимых посевов (выпревание). Труды по прикладной ботанике, генетике, селекции, 1935, 3(6): 3-57.
8. Тупеневич С.М. Выпревание озимых хлебов весной. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений, 1966, 28: 126-130.

9. Куперман Ф.М., Моисейчик В.А. Выпревание озимых культур. М.-Л., 1977.
10. Данькова Т.Н. Русская сельскохозяйственная терминология конца XX—начала XXI вв. (на материале терминологии растениеводства). Воронеж, 2009.
11. Недолужко А.И. Биологические основы и методы создания исходного материала для селекции садовых хризантем на юге Приморья. Вестник ДВО РАН, 2004, 4: 74-77.
12. Шелепова О.В., Воронкова Т.В., Кондратьева В.В., Данилина Н.Н. Физиолого-биохимические особенности зимующих луковиц тюльпанов в моделируемых условиях выпревания. Физиология и биохимия культурных растений, 2009, 41(5): 384-392.
13. Тупеневич С.М. Снежная плесень при выпревании озимых хлебов весной и обоснование мер борьбы с ней. В сб.: Известия высших курсов по прикладной зоологии и фитопатологии. Л., 1940, 10: 5-108.
14. Hoshino T., Ohgiya S., Shimanuki T., Ishizaki K. Production of low temperature active lipase from the pink snow molds, *Microdochium nivale* (syn. *Fusarium nivale*). Biotechnology Letters, 1996, 18(5): 509-510.
15. Nakajima T., Abe J. Environmental factors affecting expression of resistance to pink snow mold caused by *Microdochium nivale* in winter wheat. Can. J. Bot., 1996, 74(11): 1783-1788 (doi: 10.1139/b96-215).
16. Iriki N., Nakajima T., Kawakami A. Reaction of winter wheat cultivars to artificially inoculated seed-born pink snow mold. Breeding Science, 1992, 52(3): 231-233 (doi: 10.1270/jsbbs.52.231).
17. Hsiang T., Matsumoto N., Millett S.M. Biology and management of typhula snow mold of turfgrass. Plant Disease, 1999, 83(9): 788-798 (doi: 10.1094/PDIS.1999.83.9.788).
18. Vergara G.V., Bughara S.S., Jung G. Genetic variability of grey snow mould (*Typhula incarnata*). Mycological Research, 2004, 108(11): 1283-1290.
19. Smith J.D. Snow molds of winter cereals: guide for diagnosis, culture, and pathogenicity. Can. J. Plant Pathol., 1981, 3(1): 15-25 (doi: 10.1080/07060668109501398).
20. Gaudet D.A., Bhalia M.K. Survey for snow mold diseases of winter cereals in central and northern Alberta. Can. Plant Dis. Surv., 1988, 68(1): 15-18.
21. Groves J.W., Bowerman C.A. *Sclerotinia borealis* in Canada. Can. J. Bot., 1955, 33: 591-594.
22. Tomiyama K. Studies on the snow blight disease of winter cereals. Rep. Hokkaido Agric. Exp. Stn., 1955, 47(1): 1-234 (in Japanese with English summary).
23. Saito I. *Sclerotinia nivalis*, sp. nov., the pathogen of snow mold of herbaceous dicots in Northern Japan. Mycoscience, 1997, 38: 227-236 (doi: 10.1007/BF02460857).
24. Lips P.E. A new species of *Pythium* isolated from wheat beneath snow in Washington. Mycologia, 1980, 72(6): 1127-1133 (doi: 10.2307/3759566).
25. Lips P.E., Bruehl G.W. Infectivity of *Pythium* spp. in snow rot of wheat. Phytopathology, 1980, 70: 723-726.
26. Takenaka S., Arai M. Dynamics of three snow mold pathogens *Pythium paddicum*, *Pythium iwayamai*, and *Typhula incarnata* in barley plant tissues. Can. J. Bot., 1993, 71: 757-763 (doi: 10.1139/b93-087).
27. Ткаченко О.Б. Распространение и круг хозяев наиболее опасных возбудителей снежных плесеней — склероциальных грибов *Sclerotinia borealis*, *S. nivalis* и *Typhula ishkariensis*. Бюллетень Главного ботанического сада (М.), 2012, 198(4): 63-70.
28. Hoshino T., Tkachenko O.B., Tronsmo A.M., Kawakami A., Morita N., Ohgiya S., Ishizaki K. Temperature sensitivity and freezing resistance among isolates of *Typhula ishkariensis* from Russia. Būvisindi, Icel. Agr. Sci., 2001, 14: 61-65.
29. Хохряков М. Малоизвестная болезнь озимых хлебов (склеротиния). Защита растений, 1935, 4: 94-97.
30. Fisher W.R., Bruehl G.W. Efficacy of various blackening agents in hastening snow melt, a possible tool in snow mold control. Phytopathology, 1964, 54(12): 1432.
31. Bruehl G.W., Sprague R., Fischer W.R., Nagamitsu M., Nelson W.L., Vogel O.A. Snow molds of winter wheat in Washington. Washington Agric. Exp. Stn. Bull., 1966, 677: 1-21.
32. Kotter C.M. Ash speeds melt to aid grain growers. Western Hay and Grain Grower, 1979, January: 4-6.
33. Gossen B.D., Hsiang T., Murray T.D. Managing snow mold disease of winter cereals and turf. Plant-microbe interactions at low temperature under snow. Chapter 2. Sapporo, Hokkaido National Agricultural Experiment Station, 2001: 13-21.
34. Holston C.S. Observation and experiments on snow mold of winter wheat in Washington state. Plant Dis. Rep., 1953, 37: 354-359.
35. Loveless A.R. Observations on the biology of clover rot. Ann. Appl. Biol., 1951, 38: 642-664.
36. Gould Ch.J., Byther R.S. Diseases of tulips. Washington State University Cooperative Extension. Extension Bull., 1979, 711.
37. McKey H.C., Reader J.M. Snow mold damage in Idaho's winter wheat. Idaho Agric.

- Exp. Stn. Bull., 1953, 200.
38. Bruehl G.W. Effect of plant size on resistance to snow mold of winter wheat. Plant Dis. Rep., 1967, 51: 815-819.
 39. Bruehl G.W., Cunfer B.M. Physiologic and environmental factors that affect the severity of snow mold of wheat. Phytopathology, 1971, 61: 792-798 (doi: 10.1094/Phyto-61-792).
 40. Smith J.D., Jackson N., Woolhouse A.R. Fungal diseases of amenity turf grasses. NY, 1989.
 41. Nelson E.B., Craft C.M. Suppression of *Typhula* blight with top-dressing amended with composts and organic fertilizers. Biol. Cult. Tests, 1992, 7: 107.
 42. Huber D.M., McKay H.C. Effect of temperature, crop, and depth of burial on the survival of *Typhula idahoensis* sclerotia. Phytopathology, 1968, 58: 961-962.
 43. Lawton M.B., Burpee L.L. Effect of rate and frequency of application of *Typhula phacorrhiza* on biological control of *Typhula* blight of creeping bentgrass. Phytopathology, 1990, 80: 70-73 (doi: 10.1094/Phyto-80-70).
 44. Sprague R. Wheat snow mold in Eastern Washington 1955 to 1956. Plant Dis. Rep., 1956, 40: 640-642.
 45. Olvang H. Chemical control of winter damaging fungi in cereals. Norwegian J. Agric. Sci., 1992, 7: 55-61.
 46. Политыко П.М. Тифулез озимых зерновых. Защита растений, 1988, 12: 18.
 47. Hoftun H. Lagring av purre: I. Verknad av sortar og ved hausting. Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole, 1978, 57: 1-26.
 48. Haegermark U. Negra broddehandlingeförsök pe Hösten i hostvelte med benomyl och triadimefon. Växtskyddsnotiser, 1979, 43: 138-139.
 49. Ebenebe C., Fehrman H. Evolution of a number of systemic fungicides for the control of *Typhula incarnata* in winter barley. PflKrankh, 1974, 12: 711-716.
 50. Smith J.D., Stynes B.A., Moore K.J. Benomyl stimulated growth of a Basidiomycetes on turf. Plant Disease Reporter, 1970, 54: 774-775.
 51. Hossfeld R. Förderung der *Typhula* — Fäule an Wintergerate durch Rinsatz von Fungiziden zur Halmbruchbekämpfung. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 1974, 26: 19.
 52. Cavelier M., Maroquin C. Interférence d'une epidemie provoquée pour la première fois en Belgique par *Typhula incarnata* Lasch ex Fr. et d'une recrudescence de la jaunisse nanisante de l'otge sur encourgeon. Caractérisation des symptoms at evaluation de leur incidence respective sur les rendements. Parasitica, 1978, 34: 277-295.
 53. Francis B.M. Toxic Substances in the Environment. NY, 1994.
 54. Vargas J.M. Management of Turfgrass diseases. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA, 1994.
 55. Fushtey S.G., Frank R. Distribution of mercury residues from the use of mercurial fungicides on golf course greens. Can. J. Soil Sci., 1981, 61: 525-527 (doi: 10.4141/cjss81-060).
 56. Matthews S.L., McCracken I.R., Lonerghau G. Mercury contamination of gold courses due to pesticide use. Bull. Environ. Contain. Toxicol., 1995, 55: 390-397.
 57. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (Приложение к журналу «Защита и карантин растений»). Защита и карантин растений, 2014, 4.
 58. Jamalainen E.A., Fenstermacher J.M. *Typhula* blight, its cause, epidemiology and control. J. Sports Turf Res. Inst., 1969, 45: 6-73.
 59. Fushtey S.G. Chemical control of snow mold in bentgrass turf in southern Ontario. Can. Plant. Dis. Surv., 1980, 60: 225-231.
 60. Kallio A. Chemical control of snow mold (*Sclerotinia borealis*) on four varieties of bluegrass (*Poa pratensis*) in Alaska. Plant Dis. Rep., 1966, 50: 69-72.
 61. Saito I., Tkachenko O.B. Low temperature species of *Sclerotinia* causing plant diseases in winter. Chapter 10. Advances in plant diseases management /Hung-Chang Huang, Surya N. Acharya (eds.). Research Singpost, Kerala, India, 2003: 195-214.
 62. Serafinchon A. Snow mold, gray or speckled. Government of Alberta, 2001 (<http://www1.agric.gov.ab.ca>).
 63. Watkins J.E. Turfgrass fungicide trade names. Nebraska Cooperative Extension NF 95-214 (Revised June 1999) (<http://ianrpubs.unl.edu/plantdisease/nf214.htm>).
 64. Левитин М.М., Тютюрев С.Л. Грибные болезни зерновых культур. Защита и карантин растений, 2003, 11: 2-46.
 65. Серая Л.Г. Возбудитель серой (пятнистой) снежной плесени гриб *Typhula ishkariensis* S. Imai: биология, экология, патогенез и обоснование приемов защиты. Канд. дис. М., 2001.
 66. Сарычева Л.М. Влияние регуляторов роста растений и фунгицидов на патогенез инфекционного выпадения и урожайность озимых зерновых культур. Канд. дис. М., 2010.
 67. Костенко Е.С. Совершенствование приемов фитосанитарного мониторинга и защиты газонных травостоев от основных вредных организмов (снежной плесени и жуков щелкунов). Автореф. канд. дис. М., 2012.

68. Frank J.A., Sanders P.L. ICIA5504: a novel, broad-spectrum, systemic turfgrass fungicide. British Crop Protection Conf. «Pests and Diseases». Brighton, U.K., 1994, 2: 871-876.
69. Burpee L.L. Interactions among low-temperature-tolerant fungi: Prelude to biological control. Can. J. Plant Pathol., 1994, 16: 247-250 (doi: 10.1080/07060669409500762).
70. Matsumoto N. Biological control of snow mold. In: Plant cold hardiness /X.P. Li, T. Chen (eds.). Plenum, NY, 1998: 343-350.
71. Nelson E.B., Craft C.M. Suppression of Typhula blight with top-dressing amended with composts and organic fertilizers. Biol. Cult. Tests, 1992, 7: 107.
72. Boulter J.I., Boland G.J., Trevors J.T. Assessment of compost for suppression of Fusarium patch (*Microdochium nivale*) and Typhula Blight (*Typhula ishikariensis*) snow molds of turfgrass. Biological Control, 2002, 25: 162-172 (doi: 10.1016/S1049-9644(02)00060-9).
73. Nelson E.B. Biological control of turfgrass diseases. Ext. Publ. Inf. Bull. Cornell University, Ithaca, NY, 1992, 220: 78-90.
74. Johansson P.M., Johnsson L., Gerhardsson B. Suppression of wheat-seedling diseases caused by *Fusarium culmorum* and *Microdochium nivale* using bacterial seed treatment. Plant Pathol., 2003, 52: 219-227 (doi: 10.1046/j.1365-3059.2003.00815.x).
75. Levendorfs J.P., Eberhard T.H., Levendorfs J.J., Gerhardsson B., Hökeberg M. Biological control of snow mould (*Microdochium nivale*) in winter cereals by *Pseudomonas brassicacearum*, MA₂₅₀. BioControl, 2008, 53(4): 651-665.
76. Кузина Е.В., Бурханов Ф.Ф., Давшетшин Т.К., Силищев Н.Н., Логинов О.Н. Биологический метод борьбы со снежной плесенью озимой пшеницы в условиях республики Башкортостан. Аграрная Россия, 2011, 2: 22-24.
77. Harder P.R., Troll J. Antagonism of *Trichoderma* spp. to sclerotia of *Typhula incarnata*. Plant Dis. Rep., 1973, 57: 924-926.
78. Matsumoto N., Tajimi A. Preliminary experiments for biological control of snow mold caused by *Typhula incarnata* and *T. ishikariensis*. Proc. XV Int. Grassland Congr. Kyoto, Japan, 1985: 787-788.
79. Matsumoto N., Tajimi A. Bacterial flora associated with the snow mold fungi, *Typhula incarnata* and *T. ishikariensis*. Ann. Phytopathol. Soc. Japan, 1987, 53: 250-253.
80. Hoshino T., Morita H., Fujiwara M., Higashiyama T., Tkachenko O.B., Saito I., Matsuyama H., Yumoto I. Heat resistant bio-control agents against snow molds (*Typhula incarnata* and *T. ishikariensis*) in various materials from several cold regions. Proc. Int. Symp. on identification and use of microbial resources for sustainable agriculture. National Agr. Res. Center for Kyushu Okinawa Region, 2004: 88-97.
81. Burpee L.L., Kaye L.M., Goultly L.G., Lawton M.B. Suppression of gray snow mold on creeping bentgrass by an isolate of *Typhula phacorrhiza*. Plant Disease, 1987, 71: 97-100 (doi: 10.1094/PD-71-0097).
82. Lawton M.B., Burpee L.L. Effect of rate and frequency of application of *Typhula phacorrhiza* on biological control of Typhula blight of creeping bentgrass. Phytopathology, 1990, 80: 70-73 (doi: 10.1094/Phyto-80-70).
83. Lawton M.B., Burpee L.L., Goultly L.G. Factors influencing the efficacy of a bio-fungicide control of gray snow mold on turfgrass. Proc. Br. Crop Prot. Conf., 1986, 1: 393-398.
84. Matsumoto N., Tajimi A. Biological control of *Typhula ishikariensis* on perennial ryegrass. Ann. Phytopath. Soc. Jpn., 1992, 58: 741-751 (doi: 10.3186/jjphytopath.58.741).
85. Wu C., Hsiang T., Yang L., Lin L.X. Efficacy of *Typhula phacorrhiza* as a biocontrol agent of gray snow mould of creeping bentgrass. Can. J. Bot., 1998, 76(7): 1276-1281.
86. Hsiang T., Wu C., Cook S. Residual efficacy of *Typhula phacorrhiza* as a biocontrol agent of grey snow mold on creeping bentgrass. Can. J. Plant Pathol., 1999, 21(4): 382-387 (doi: 10.1080/07060669909501175).
87. Hsiang T. Diversity and management of snow mold diseases of grasses. Proc. of Int. Workshop «Plant-microbe interactions at low temperature under snow». Sapporo, 1997: 132-142.
88. Hsiang T. Biological control of turfgrass snow molds. GreenMaster, 2000, 35(5): 12-15.
89. Wu C., Hsiang T., Yang L., Lin L.X. Efficacy of *Typhula phacorrhiza* as a biocontrol agent of gray snow mould of creeping bentgrass. Can. J. Bot., 1998, 76(7): 1276-1281.
90. Wu C., Hsiang T. Mycelial growth, sclerotial production and carbon utilization of three *Typhula* species. Can. J. Bot., 1999, 77: 312-317 (doi: 10.1139/cjb-77-2-312).
91. Schneider E.F., Seaman W.L. *Typhula phacorrhiza* on winter wheat. Can. J. Plant Pathol., 1986, 3: 269-276 (doi: 10.1080/07060668609501799).
92. Schneider E.F., Seamen W.L. Saprophytic behavior of three *Typhula* species on winter wheat substrates. Can. J. Plant Pathol., 1988, 10: 289-296 (doi: 10.1080/07060668809501702).
93. Тазина С.В. Обоснование защиты озимых зерновых культур от инфекционного выпадения растений. Канд. дис. М., 2005.
94. Matsumoto N., Tkachenko O.B., Hoshino T. The pathogenic species of *Typhula*. In: Low temperature plant microbe interactions under snow. Sapporo, Hokkaido National Agr.

- Exp. Station, 2001: 49-59.
95. Wong P.T.W., McBeath J.H. Plant protection by cold-adapted fungi. In: Biotechnological applications of cold-adapted organisms /R. Margesin, R. Schinner (eds.). Heidelberg, Germany, 1999: 177.
96. Cheng M., Gay P.A., McBeath J.H. Determination of chitinolytic activity in under differing environmental conditions. In: Proceedings of biocontrol in new millenium: building for the future on past experience /D.M. Huber (ed.). Purdue University Press, West Lafayette, 2001: 57-62.
97. McBeath J.H. Snow mold-plant-antagonist interactions: survival of the fittest under the snow. American Phytopathological Society press, The Plant Health Instructor, 2002 (doi: 10.1094/PHI-I-2002-1010-01).
98. Gaudet D.A., Laroche A. Snow mold-crop-environment interactions. In: *Biotechnological applications of cold-adapted organisms*. R. Margesin, F. Schinner (eds.). Springer Berlin Heidelberg, 1999: 191-202 (doi: 10.1007/978-3-642-58607-1_13).
99. Smith J.D., Davidson J.G.N. *Acremonium boreale* n. sp., a sclerotial, low-temperature-tolerant, snow mold antagonist. Can. J. Bot., 1979, 57: 2122-2139 (doi: 10.1139/b79-265).
100. Smith J.D., Gossen B.D. Interaction of *Coprinus psychromorbidus*, *Acremonium boreale* and an unidentified low-temperature pathogen of bentgrass turf. Proc. 10th Ann. Plant Pathol. Soc. Alberta, Brooks, AB, Canada, 1989.
101. Щуковская А.Г., Ткаченко О.Б., Шестепёров А.А. Микогельминты озимой пшеницы — потенциальные биоагенты гриба *Microdochium nivale*. Мат. конф. «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями». М., 2012, вып. 13: 466-468.
102. Щуковская А.Г., Ткаченко О.Б., Шестепёров А.А. Нематоды озимой пшеницы внешне здоровой и пораженной розовой снежной плесенью [возбудитель гриб *Microdochium (Fusarium) nivale* (Fr.) Samuels et I.C. Hallet] озимой пшеницы на динамику численности нематод разных экологических групп. Мат. Межд. науч. конф. «Современные проблемы общей паразитологии». М., 2012: 397-401.
103. Щуковская А.Г. Влияние розовой снежной плесени [возбудитель гриб *Microdochium (Fusarium) nivale* (Fr.) Samuels et I.C. Hallet]. Мат. Межд. науч. конф. «Современные проблемы общей паразитологии». М., 2012: 401-404.
104. Щуковская А.Г., Ткаченко О.Б., Шестепёров А.А. Размножение микогельминтов *Aphelenchus avenae*, *Paraphelenchus tritici*, *Aphelenchoides saprophillus* на мицелии гриба *Microdochium nivale*, возбудителя розовой снежной плесени озимой пшеницы. Мат. 10-го Межд. нематологического симпозиума. Большие Вяземы, 2013: 83-85.
105. Ткаченко О.Б. Селекция озимых зерновых на устойчивость к снежной плесени. Сельскохозяйственная биология, 2003, 3: 101-108.
106. Bruehl G.W., Sprague R., Fischer W.R., Nagamitu M., Nelson W.L., Vogel O.A. Snow molds of winter wheat in Washington. Washington Agric. Exp. Stn. Bull., 1966, 677: 1-21.
107. Sunderman D.W. Modifications of the Cormack and Lebeau technique for inoculating winter wheat with snow mold-causing *Typhula* species. Plant Dis. Rep., 1964, 48: 394-396.
108. Nakajima T., Abe J. A method for assessing resistance to snow molds *Typhula incarnata* and *Microdochium nivale* in winter wheat incubated at the optimum growth temperature ranges of the fungi. Can. J. Bot., 1990, 68: 343-346 (doi: 10.1139/b90-045).
109. Овсянкина А.В. Структура популяций возбудителей корневой гнили и снежной плесени озимой ржи и отбор исходного материала для селекции устойчивых сортов. Канд. дис. М., 2000.
110. Iriki N., Kawakami A., Nakajima T. et al. Field resistance of winter wheat to *Typhula ishikariensis* and *Microdochium nivale*. Abstracts of NJF seminar no 311 «Plant and microbe adaptation to winter environments in northern areas». Akureyri, Iceland, 2000: 23-24.
111. Iriki N., Kuwabara T., Takata K., Yoshida M., Kawakami A. Physiological and quality traits of *Aegilops cylindrica* accession screened for snow mold resistance. Proc. 9th Int. Wheat Genetic Symp. Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 1998, V. 5: 37-38.
112. Эйгес Н.С., Кузнецова Н.Л., Волченко Г.А., Артамонов В.Д., Вайсфельд Л.И., Долгова С.П., Кахриманова Н.Н., Волченко С.Г. Множественные мутации озимой пшеницы, определяющие хозяйственно ценные признаки. Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів, 2009, 7(2): 269-275.
113. Эйгес Н.С., Волченко Г.А., Вайсфельд Л.И., Волченко С.Г. Повышение адаптивных свойств у озимой пшеницы методом химического мутагенеза. Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва». Яремче, 2011: 28-29.
114. Smith J.D., Cooke D.A. Dormie Kentucky bluegrass. Can J. Plant Sci., 1978, 58: 291-292.

¹ФГБУН Главный ботанический сад
им. Н.В. Цицина РАН,
127276 Россия, г. Москва, Ботаническая ул., 4,
e-mail: otkach@postman.ru;

²ФГБОУ ВПО Российский государственный
аграрный заочный университет,

Поступила в редакцию
28 августа 2013 года

SNOW MOLDS: HISTORY OF THE STUDY AND CONTROL (review)

O.B. Tkachenko¹, A.V. Ovsyankina², A.G. Shchukovskaya¹

¹N.V. Tsitsin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences, 4, ul. Botanicheskaya, Moscow, 127276 Russia, e-mail otkach@postman.ru;

²Russian State Agrarian Correspondence University, 1, ul. Fuchika, Balashikha, Moscow Province, 143900 Russia

Received August 28, 2013

doi: 10.15389/agrobiol.2015.1.16eng

Abstract

Snow mold is caused by pathogenic low-temperature fungi and fungi-like pathogens which can attack grassy winter and perennial plants and even woody plants. Pathogens infect crops in autumn and develop under snow and early in spring at low temperatures. History of the emergence of the terminology for pathogenic low-temperature fungi, the appearance of the «snow mold» terms and domestic «vyprevaniye» (eng. «dumping-off») are represented, and various snow molds and their pathogens in Russia are described. Recent advances in agrochemical, chemical, biological and breeding technologies used to provide snow mold control are under consideration in detail, particularly data obtained in North America (USA, Canada), North Europe (Sweden, Norway, Finland), Asia (Japan) with special attention to the investigations in Russia. Crop rotation using crops being not the host plants of these pathogens and thus resistant to them is considered as rather effective agrotechnology decreasing plant damage from snow molds, and also deep tillage, early or late sowing, snow thawing by its covering with black materials, monthly use of some composts are also discussed. Seed sterilization against *Microdochium nivale* infection is widely used in North Europe. In Russia the Baytan, Benlat, Granoza and Pentiuram are used on winter crops against *Typhula incarnata* and *T. idahoensis* (syn. *T. ishikariensis*). Fungicides are economically effective in the years of strong damage from snow molds, at that, pathogenic species differ in sensitiveness to fungicides. Characteristics of definite fungicides used are discussed. Biological suppression also is a method for anti-snow mold protection. For the purposes, the antagonistic agents effective in summer when snow molds are dormant, as well as low temperature agents active in the period of snow mold development can be used. Natural suppressors such as composts and antagonistic organisms were successful against *Typhula* spp. No special breeding for plant resistance to snow molds was carried out in Russia until recent time, nevertheless, in numerous investigations some grain crop species resistant to snow mold have been revealed. Particularly, by immunological assessment of 500 specimens from the VIR World Collection (N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry, St. Petersburg) and domestic varieties the resistant forms are described as follows: Shatilovskaya tetra, Populyatsiya I-82 tetr, Sibirskaya krupnozernaya, Tazhnaya, Kirovskaya 89, Vyatka 2, Dymka, Rosinka, Ilim, Falenskaya 4, Purga, F4-92, Chulpan 3, Korotkostebel'naya 6, Khar'kovskaya 88, Tatarskaya 1, Bezenchukskaya 88, Volkhova, Takovskaya 29; LAD-287 St-2614, Antonnisnie, Leelondzkie Kartowe № 1, Leelondzkie Krotnoslomix × Baltynie (Poland), Epos, Rerus (DDR), Inzucht 74/2, Inzucht 108/8 (Sweden), κ-10953 (Finland), Feniks (Belgium), κ-11385 (Yugoslavia), κ-11150, κ-11389 (Portugal), κ-11306 (Argentina), κ-11179, κ-11180 (USA), κ-11388 (Tajikistan), κ-11398 (Georgia), κ-11131 (Azerbaijan), Belta tetra (Belarus), Beve (Ukraine).

Keywords: low temperature fungi, snow molds, anti-snow mold agrotechnologies, chemical fungicides, biomethod, breeding for plant resistance to snow molds.

Научные собрания

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЕ СОРТА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО САДОВОДСТВА»,

посвященная 170-летию Всероссийского НИИ селекции плодовых культур

(2-5 июня 2015 года, г. Орел)

Тематика:

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ❖ генетика, селекция и сортоизучение; | ❖ биохимия, хранение и переработка; |
| ❖ устойчивость и иммунитет; | ❖ питомниководство; |
| ❖ перспективные методы исследования; | ❖ качество и безопасность продукции; |
| ❖ экология плодовых культур; | ❖ защита растений; |
| ❖ агротехника; | ❖ экономика садоводства |

Контакты и информация: nauka@vniispk.ru