

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143>



УДК 632.482.19: 633.14

Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области

© 2019. А.М. Щеклеина

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье приведены результаты исследований за 2001-2017 гг. В условиях Кировской области дана оценка 36 сортам озимой ржи по характеру взаимоотношений в патосистеме «*Secale cereale* - *Claviceps purpurea*». Для оценки изменения метеорологических условий и их влияния на развитие спорыньи использовали среднесуточную температуру воздуха и количество выпавших осадков с 1 по 31 мая (период прорастания склеротий) и с 5 по 15 июня (период заражения растений). Изучение сортов проводили при искусственной инокуляции цветков суспензией патогена. Учёт спорыньи проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна по поражению биоценозов (количественный признак) и засоренности зерновой массы склеротиями (качественный признак). При искусственной инокуляции все изучаемые сорта ржи поражались спорыньей в пределах от 8,3 до 100%, что свидетельствует об их сильной восприимчивости к болезни. Лишь у 6 сортов (Фаленская 4, Кировская 89, Рада, Флора, Дымка и Волхова) поражение было на уровне 8,3-27,3%, засоренность зерновой массы склеротиями – 0,4-1,9%. Высокая урожайность и продуктивность растений была у стандартного сорта Фаленская 4 (660 г/м² и 11,0 г), характеризующегося высокой степенью отрастания после поражения снежной плесенью (100%), наименьшим распространением спорыньи в посеве и засорением зерновой массы склеротиями. В ходе корреляционного анализа установлена тесная связь между поражением растений спорыньей и засоренностью зерновой массы склеротиями ($r = 0,76$). Эти же иммунологические признаки достоверно влияли на урожайность ($r = -0,67$ и $r = -0,55$) и незначительно – на продуктивность растений. Выявлена положительная зависимость между иммунологическими признаками и массой 1000 зерен. Вероятно, обеспложивание колоса ведет к формированию более крупного зерна в фертильных цветках ($r = 0,42$ и $r = 0,37$). Уравнения регрессии между количеством склеротий в колосе, массой зерна с колоса и количеством зерен в нём с вероятностью 95-97% доказывают, что с увеличением заражённости колоса на 1 склеротий, масса зерна с колоса снижается на 0,18 грамма, а количество зерен в колосе – на 4,7 штук.

Ключевые слова: озимая рожь, спорынья, сорт, поражение, засорение зерна склеротиями, вредоносность, элементы продуктивности

Для цитирования: Щеклеина Л.М. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019; 20(2):134-143. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143>

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания (тема НИР №0767-2018-0003).

Influence of weather factors on separate periods of fungus *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul development and level of ergot harmfulness in Kirov region

© 2019. Lucia M. Shchekleina

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

In 2001-2017 in the conditions of Kirov region 36 winter rye varieties were assessed according to the character of interrelation in a "*Secale cereale* - *Claviceps purpurea*" pathosystem. The article provides the results of this research. For assessment of the change in meteorological conditions and their influence on ergot development the average daily air temperature and amount of precipitations from May 1 to May 31 (the period of sclerotia germination) and from June 5 to June 15 (the period of plants infection) were used. The study of varieties was carried out by artificial inoculation of flowers with pathogen suspension. The ergot recording was carried out at a phase of milk-wax ripeness of grain according to infection of biocenoses (quantitative trait) and on contamination of grain mass with sclerotia (qualitative trait). At an artificial inoculation all rye varieties under study were infected by ergot in limits from 8.3 up to 100% that demonstrated their strong susceptibility to disease. Only 6 varieties (Falenskaya 4, Kirovskaya 89, Rada, Flora, Dymka, and Volkova) were infected at the level of 8.3-27.3%, contamination of grain mass by sclerotia – 0.4-1.9%. The standard variety Falenskaya 4 had a high productivity and efficiency of plants (660 g/m² and 11.0 g), which was characterized by a high degree of re-growth after infestation with a snow mold (100%), the smallest distribution of an ergot in sowing and contamination of grain mass with sclerotia. During the correlation analysis a close relation between the infestation of plants with an ergot and contamination of grain mass with sclerotia ($r = 0.76$) was established. The same immunological traits significantly influenced on the productivity ($r = -0.67$ and -0.55) and insignificantly - on plants efficiency. The positive dependence between immunological traits and 1000-grain mass was revealed. Possibly, sterilization of an ear leads to formation of a larger grain in fertile flowers ($r = 0.42$ and 0.37). The regression equations between the amount of sclerotia in an ear, mass of grain per ear and a number of grains in it have proved with 95-97% probability that with 1 sclerotium increase in contamination per ear, the grain mass per ear decreases by 0.18 grams, and the amount of grains per ear – by 4.7 pieces.

Key words: winter rye, ergot, variety, infestation, grain contamination with sclerotia, harmfulness, yield elements

For citation: Shchekleina L.M. Influence of weather factors on the separate periods of fungus *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. developments and level of ergot injuriousness in Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(2):134-143. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143>

Во многих регионах Российской Федерации и прилегающих стран серьёзной фитосанитарной и экологической проблемой становится нарастающее распространение инфекции фитопатогенного гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. – возбудителя спорыньи. Усиление вредоносности и эпифитотийные ситуации складываются в Литве [1] и Беларуси [2, 3, 4, 5]. В СССР, по данным С.С. Санина (2002) [6], масштабное развитие спорыньи отмечалось вначале только в военные и послевоенные годы. В настоящее время эта болезнь распространена повсеместно, но в большей степени в Северо-Западном регионе и центральных районах Нечерноземной полосы [7]. В Приволжском федеральном округе¹ в 2018 г. спорынью на посевах озимой ржи при среднем уровне поражения диагностировали во всех областях и республиках региона. В Кировской области² в 2017 г. распространение болезни на отдельных полях достигало 5,0%, что чревато существенным превышением допустимого содержания склеротий в любых партиях зерна. По поводу биологической опасности спорыньи бьют тревогу как фитопатологи, так и селекционеры с сельхозтоваропроизводителями, поскольку эта болезнь напрямую влияет на ухудшение качества зерна для пищевых и кормовых целей [8]. Восприимчивы к спорынье все зерновые культуры с определенным уровнем стерильности, но в большей степени поражается рожь как перекрестноопыляющаяся культура, т.к. её цветки остаются открытыми дольше, чем у самоопыляющихся растений. В этой связи не поражаемых спорыней сортов зерновых культур практически не существует [9].

Причин для развития спорыньи достаточно много. Принято считать, что распространение её является своеобразным показателем организации производства, культуры земледелия и семеноводства [10]. Внедрение минимальных способов обработки почвы, короткороотационных зернонасыщенных севооборотов или их отсутствие, посев свежесобранными семенами, отсутствие эффективных зерноочистительных машин и фунгицидов – все это вызывает сохранность склеротий возбудителя в природе и возобновление патогенеза [11].

Особое опасение представляют земли, вышедшие из сельскохозяйственного оборота. В Кировской области таких земель не менее 700 тыс. га, которые зарастают сорняками, борщевиком, лесом и в целом представляют собой опасные очаги сохранения и размножения вредных для культурных растений насекомых-вредителей, а также грибной, бактериальной и вирусной инфекции [12].

Вспышки спорыньи могут спровоцировать и благоприятные для развития гриба *C. purpurea* погодные условия. Как правило, основная часть склеротий формируется на недоразвитых стеблях (подгоне), количество которых увеличивается при изреживании стеблестоя в связи с выпреванием и поражением растений снежной плесенью. За последние 20 лет (1998-2017 гг.) гибель озимой ржи после перезимовки в Кировской области изменялась от 3% (2009 г.) до 28% (2001 г.), а в среднем была от 10 до 13% (Обзор фитосанитарного состояния ..., 1998-2017 гг.). Прорастанию склеротий предшествует действие низкой температуры воздуха -3...+5°C в течение длительного времени. Так достигается строгая согласованность развития гриба *C. purpurea* с онтогенезом растения-хозяина. Умеренно тёплые зимние месяцы, с одной стороны, способствуют выживанию гриба, с другой – приводят к гибели растений от выпревания и снежной плесени. Это первый жизненно важный период в биологическом и инфекционном цикле гриба *C. purpurea*. Весной при температуре +10...+20°C склеротии выходят из состояния физиологического покоя и на их поверхности начинают появляться бугорки, которые постепенно вырастают в «ножку» – строму, несущую розоватую плодовую головку с аскоспорами. Это второй период для патогена, обеспечивающий возобновление инфекции в природе, который по календарным датам Кировской области соответствует погоде в мае. Непосредственно заражение посевов озимой ржи происходит в фазу цветения растений, что в условиях области обычно наблюдается в первой и второй декадах июня. Это третий период в биологии патогена, важный для формирования склеротий и пополнения уровня природной инфекции [12].

¹Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году. М., 2018. 554 с.

²Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в 2017 году и прогноз на 2018 год по Кировской области. Киров, 2017. 86 с.

Цель исследований – выявить влияние основных метеорологических факторов на развитие гриба *S. purpurea* в условиях Кировской области и определить характер вредоносности спорыньи у разных сортов озимой ржи.

Материал и методы. Исследования проводили в лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Анализ метеорологических условий за период 2001-2017 гг. выполнен по данным Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Оценку изменений метеорологических условий и их влияние на развитие спорыньи проводили по показателям среднесуточной температуры воздуха и количеству выпавших осадков с 1 по 31 мая (период прорастания склеротий) и с 5 по 15 июня (период заражения растений). Использовали также комплексный показатель температурно-влажностного режима – гидротермический коэффициент (ГТК). Характеристику условий увлажнения и температурного фона по состоянию ГТК оценивали по шкале Г.Т. Селянинова³.

Материалом исследований являлись 16 разных по восприимчивости сортов и популяций озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока и 20 сортов экологического испытания из 7 НИУ РФ. Изучение их проводили при искусственной инокуляции цветков в начале колошения (фаза зелёных пыльников) суспензией конидий (*Spacelia segetum* Levi.), выделенных с поверхности свежих склеротий. Инокулом вносили в цветки средней части колоса с помощью шприца. Концентрация спор в инокуляте – 10^5 шт./мл. В каждом сорте заражали по 10-15 растений в 3-кратной повторности [13].

Учёт спорыньи проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна по поражению биоценозов (количественный признак) и засорённости зерновой массы склеротиями (качественный признак). Характеристику сортов по устойчивости давали на основании шкалы Т. Miedaner [14].

Полученный в опытах экспериментальный материал обрабатывали методами регрессионного и корреляционного анализов с использованием пакета компьютерных программ AGROS (версия 2.07, 1998).

Результаты и их обсуждение. Ретроспективный анализ фитосанитарного состояния посевов озимой ржи показал, что до

1997 г. спорынья на Северо-Востоке Нечерноземья России не считалась экономически значимой болезнью. За последние 20 лет в Кировской области, по данным ФГБУ «Россельхозцентр по Кировской области», было зарегистрировано две сильные эпифитотии (2001 и 2017 гг.) и шесть неэпифитотийных лет (2002, 2003, 2006, 2014, 2015, 2016 гг.). В остальные годы отмечена ситуация умеренного развития болезни (рис. 1).

Сравнение полученных данных со сведениями, приведенными в Агроэкологическом атласе России⁴, приводит к заключению, что сейчас зона распространенности и вредоносности спорыньи стала охватывать границы Кировской области, вызывая эпифитотийное развитие гриба *S. purpurea* и экономически значимое поражение посевов озимой ржи (рис. 2).

В ходе анализа климатических факторов выявлено, что наибольшее превышение температуры воздуха в мае над среднесуточными данными Кировской области ($12,4^{\circ}\text{C}$) наблюдалось в 2005 г. ($15,1^{\circ}\text{C}$), 2010 г. ($15,7^{\circ}\text{C}$), 2014 г. ($14,9^{\circ}\text{C}$) и 2015 г. ($14,6^{\circ}\text{C}$), а относительно холодным этот месяц был в 2002 г. ($7,9^{\circ}\text{C}$) и 2017 г. ($7,6^{\circ}\text{C}$).

За исключением 4-х лет (2005-2008 гг.) наблюдался недостаток осадков в мае, которых выпало 21-98% от нормы (44,9 мм). Исходя из уровня ГТК этот месяц был в 2009, 2010, 2012 гг. недостаточно увлажненным, а в 2014 и 2015 гг. – засушливым и характеризовался значениями ГТК – 0,89; 0,80; 0,82; 0,25 и 0,59 соответственно. Избыточно увлажненным оказался май в 2002, 2006, 2007, 2008 и 2017 гг. при уровне ГТК: 1,78; 2,00; 1,66; 1,63 и 2,31, в остальные годы исследований – с достаточным теплом и увлажнением.

В фазу цветения растений также значительно варьировала среднесуточная температура воздуха – от $+11,2$ до $+17,9^{\circ}\text{C}$, осадки – от 0,3 до 6,3 мм в сутки. Самая высокая температура воздуха в период заражения растений была в 2001 г. ($16,2^{\circ}\text{C}$), 2005 г. ($17,4^{\circ}\text{C}$), 2006 г. ($16,9^{\circ}\text{C}$), 2009 г. ($17,6^{\circ}\text{C}$), 2012 г. ($17,9^{\circ}\text{C}$) и 2013 г. ($16,3^{\circ}\text{C}$). Острозасушливые условия в этот период были в 2001, 2002, 2007, 2013 гг. при значениях ГТК от 0,24 до 0,57. В большинстве других лет цветение озимой ржи проходило при значительном избытке влаги.

³Чирков Ю.И. Агрометеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 296 с.

⁴Дмитриев А.П., Будревская И.А. Болезни сельскохозяйственных культур. Распространение спорыньи ржи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul). В: Афонин А.Н.; Грин С.Л.; Дзюбенко Н.И.; Фролов А.Н. (ред.) Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [DVD-версия]. 2008. http://www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/Secalis/Secalis_Claviceps_purpurea/map/index.html

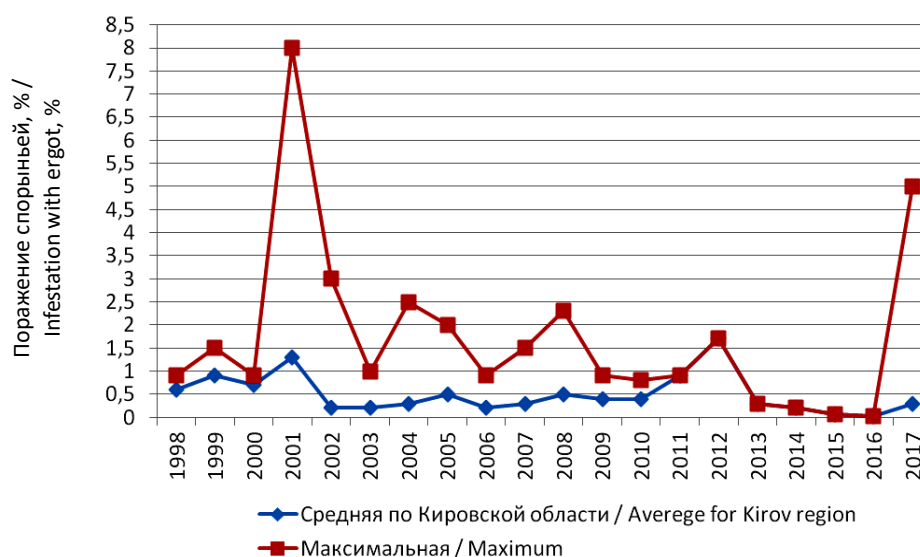


Рис. 1 Динамика поражения посевов озимой ржи спорыньей в Кировской области
Fig.1. Dynamics of ergot infestation of winter rye in Kirov region

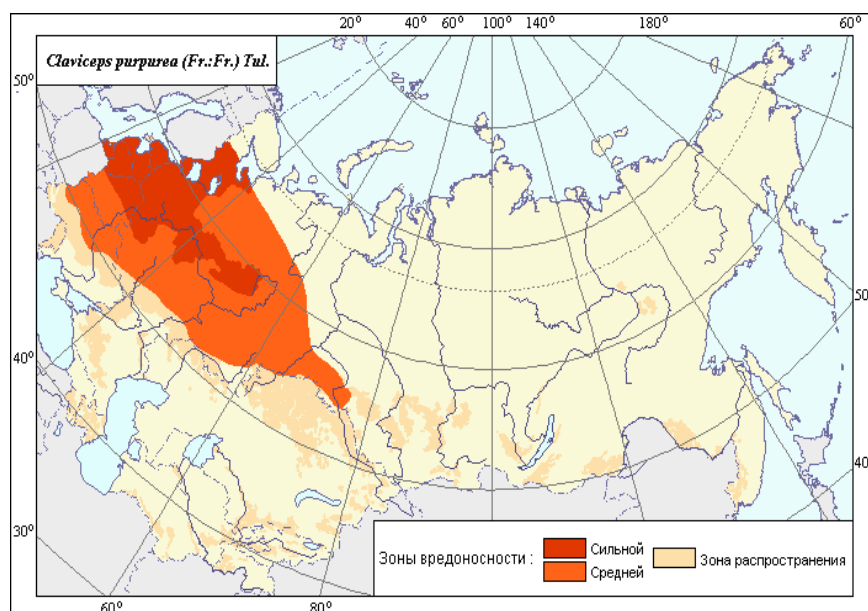


Рис.2. Зоны распространения и вредоносности спорыньи ржи⁴
Fig. 2. Areas of distribution and harmfulness of spurred rye

Выявлено, что усиление поражения посевов до 0,50% и выше происходило в годы (2001, 2005, 2008, 2011, 2012), когда количество осадков было на уровне 80-145% от среднеемноголетнего значения. Недостаток влаги (21-69% от среднеемноголетних данных) в мае 2014, 2015 и 2016 гг. существенно ограничивал вначале прорастание перезимовавших склеротий, а затем формирование новых на растениях.

В ходе корреляционного анализа выявлен избирательный характер действия погодных факторов на отдельные этапы биологии возбудителя (табл. 1). Просматривается тенденция, что на жизнеспособность *C. purpurea* в

большей степени влияет количество осадков в период выхода склеротий из физиологического покоя, чем температура воздуха в мае.

Жаркая погода в мае неблагоприятна для прорастания склеротий и формирования стром с плодовыми телами и, наоборот, значение температуры в патогенезе повышается в период заражения растений ($r = 0,28$). Влияние осадков на инфекционный цикл гриба также избирательно. Более высокое количество их улучшает процесс прорастания склеротий после выхода их из физиологического покоя ($r = 0,34$), но в период цветения растений их влияние на прорастание аскоспор и конидий в завязи значительно снижается.

Таблица 1 / Table 1

Корреляционная связь между погодными факторами и поражением озимой ржи спорыньей (r) /
Correlation between weather factors and ergot infestation of winter rye (r)

Показатель / Indicator	Температура / Temperature	Осадки / Precipitations	Температура / Temperature	Осадки / Precipitations
	с 1 по 31 мая / from May, 1 till May, 31		с 5 по 15 июня / from June, 5 till June, 15	
Распространение спорыньи в посевах озимой ржи (2001-2017 гг.) / Distribution of an ergot in winter rye sowings (2001-2017)	-0,10	0,34	0,28	0,11
- влажные годы / wet years	0,08	-0,18	0,32	0,20
- засушливые годы / dry years	-0,48	0,61	0,46	0,07

По многолетним наблюдениям коэффициент корреляции между поражением спорыньей и температурой в мае: $r = 0,08$ (влажные) и $r = -0,48$ (засушливые годы); осадками в мае: $r = -0,18$ (влажные) и $r = 0,61$ (засушливые); температурой в июне: $r = 0,32$ (влажные) и $r = 0,46$ (засушливые); осадками в июне: $r = 0,20$ (влажные) и $r = 0,07$ (засушливые годы).

Расчеты, основанные на регрессионном анализе многолетних данных распространения спорыньи на производственных посевах озимой ржи, показали, что при увеличении температуры воздуха в период заражения растений (с 5 по 15 июня) на 1°C пораженность растений снижается на $0,07\%$ (рис. 3). Уравнение регрессии между количеством выпавших осадков и количеством пораженных растений имело вид: $y = 0,0362x + 0,3624$. Это позволяет констатировать, что увеличение количества

выпавших осадков на 1 мм приводит к нарастанию поражения на $0,04\%$.

Полученные результаты позволяют прогнозировать уровень поражения посевов и засоренности зерна озимой ржи в зоне исследований непосредственно после цветения ржи. При этом возможное проявление спорыньи на других зерновых культурах будет зависеть от своеобразия складывающихся погодных условий и концентрации на данной территории наиболее уязвимой культуры – озимой ржи.

При искусственной инокуляции все изучаемые сорта озимой ржи поражались спорыньей в пределах от $8,3$ до 100% (табл. 2), что свидетельствует об их сильной восприимчивости к болезни. Относительно меньшую восприимчивость проявили сорта: Фаленская 4, Кировская 89, Рада, Флора, Дымка и Волхова. Поражение их было на уровне $8,3$ - $27,3\%$, засоренность зерновой массы – $0,4$ - $1,9\%$.

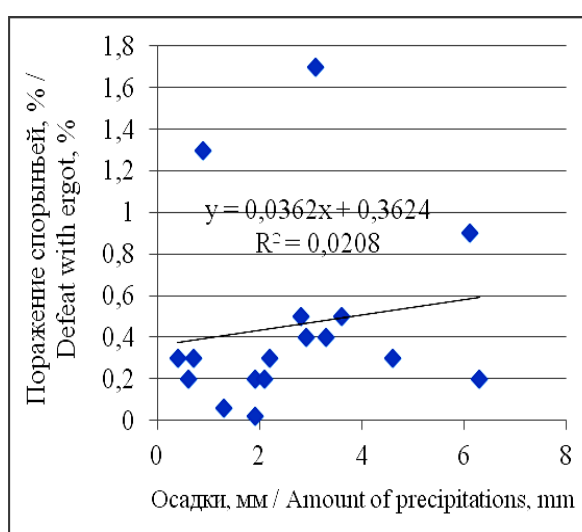
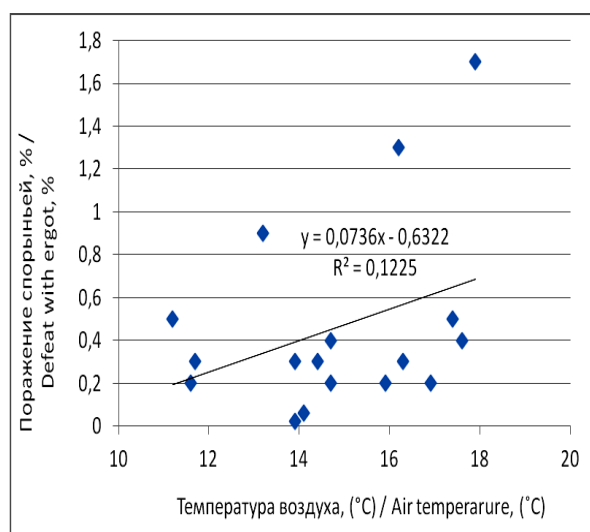


Рис. 3. Зависимость поражения озимой ржи спорыньей от температуры воздуха и количества выпавших осадков в период заражения растений (с 5 по 15 июня)

Fig. 3. Dependence of ergot infestation of winter rye on the air temperature and amount of precipitations in the period of plants infection (from June 5 to June 15)

Таблица 2 / Table 2

Проявление спорыньи в посеве и зерновой массе и влияние болезни на продуктивность сортов озимой ржи (искусственная инокуляция) /
Developing of an ergot in sowing and grain mass and influence of a disease on productivity of winter rye varieties (an artificial inoculation)

Сорт / Variety	НИУ – оригинатор / Institution – originator	Отрастание после поражения снежной плесенью **, % / Regrowth after infestation by a snow mold **, %	Анализ инокулированных колосьев ржи / Analysis of inoculated ears of rye					
			Поражение спорыньей, % / Ergot infestation %	масса, г / mass, g				Засорённость зерновой массы склеротиями, % / Contamination of grain mass with sclerotia, %
				1 склеротия / 1 sclerotium	зерна с 1 м ² / grain per m ²	зерна с 1 растения / grains per 1 plant	1000 зёрен / 1000 grains	
Графит / Graphite	ФАНЦ Северо-Востока / FARC of the North-East	60,0	50,0	0,08	160*	5,7*	34,7*	3,6
Грация / Graciya		50,0	72,2	0,13	200*	11,1*	32,6*	4,5
Перепел / Perepel		50,0	60,0	0,09	240*	9,6*	31,8*	3,5
Волна / Volna		30,0	90,0	0,09	110*	11,0*	35,0*	8,3
С-30/07		40,0	100	0,11	160*	14,5	37,8*	8,0
Триумф / Triumph		60,0	62,9	0,08	340	12,6*	35,8*	3,0
Кипрез / Kiprez		90,0	31,0	0,09	620	10,7*	30,7*	1,8
Ниоба / Nioba		80,0	36,5	0,14	520	10,0*	36,5*	3,4
Садко / Sadko		90,0	51,0	0,12	500	10,2*	32,9*	3,3
Роса / Rosa		80,0	51,1	0,14	440	9,8*	28,9*	1,2
Сара / Sara		80,0	42,4	0,08	320*	9,7*	32,5*	2,4
Кировская 89 / Kirovskaya 89		90,0	12,8	0,04	400	10,3*	36,4*	0,6
Дымка/Dymka		90,0	27,3	0,05	440	8,0*	36,5*	1,8
Фаленская 4 – ст. / Falenskaya 4 – st.		100,0	8,3	0,09	660	11,0	30,7	0,4
Рада / Rada		90,0	20,0	0,09	400	6,7*	26,0	1,1
Флора / Flora		90,0	20,4	0,13	310*	6,3*	26,1	1,8
Чулпан 7 / Chulpan 7	Башкирский НИИСХ / Bashkiria Agricultural Research Institute	20,0	63,6	0,17	190*	17,3	31,9*	2,8
Памяти Кунакбаева / Pamyaty Kunakbaeva		20,0	83,3	0,11	140*	23,3	41,7*	2,3
Безенчукская 87 / Bezenchukskaya 87	Самарский НИИСХ / Samara Agricultural Research Institute	30,0	90,0	0,09	110*	11,0*	41,4*	8,1
Антарес / Antares		30,0	70,0	0,23	39*	3,9*	40,6*	10,8
Памяти Бамбышева / Pamyaty Bambysheva	Саратовский НИИСХ / Saratov Agricultural Research Institute	70,0	74,1	0,17	380	14,1	43,9*	5,3
Саратовская 7 / Saratovskaya 7		60,0	18,6	0,08	440	16,3	42,6*	1,2
Солнечная / Solnechnaya		60,0	73,3	0,11	160*	10,7*	39,9*	6,9
Т-33	Воронежский НИИСХ / Voronezh Agricultural Research Institute	80,0	62,5	0,22	310*	7,8*	35,2*	6,2
Т-41		80,0	79,2	0,09	220*	9,2*	35,2*	3,9
Паром / Parom	Уральский НИИСХ / Ural Agricultural Research Institute	50,0	46,7	0,18	110*	7,3*	28,6	6,2
Алиса / Alice		60,0	50,0	0,08	200*	8,3*	34,8*	2,6
Янтарная / Yantarnaya		50,0	38,5	0,06	140*	10,8*	31,7*	2,1
Чусовая / Chusovaya		30,0	60,0	0,13	60*	6,0*	35,1*	2,7
Вираз / Virazh		50,0	50,0	0,05	210*	9,5*	33,4*	3,1
Волхова / Volkhova	Ленинградский НИИСХ / Leningrad Agricultural Research Institute	90,0	8,8	0,07	520	15,3	36,6*	0,6
Памяти Попова / Pamyaty Popova		80,0	77,8	0,15	320*	11,9*	40,4*	9,4
Былина / Bylina		70,0	59,3	0,11	270*	10,0*	38,8*	3,8
Славия / Slavia		60,0	40,0	0,13	220*	8,8*	37,1*	1,5
Московская 12 / Moskovskaya 12	Московский НИИСХ / Moscow Agricultural Research Institute	40,0	90,0	0,06	120*	12,0*	40,1*	5,4
Татьяна / Tatiyana		70,0	40,6	0,08	310*	9,7*	40,7*	1,0
Среднее / Medium		63,1	53,1	0,11	285,8	10,6	35,4	3,7

* - достоверно к стандарту Фаленская 4 при $P \geq 0,95$ / * - reliably to the standard Falenskaya 4 if $P \geq 0,95$

** - поражение снежной плесенью 100% / ** - infestation with snow mold - 100%

Высокая урожайность и продуктивность растений получена у стандартного сорта Фаленская 4 (660 г/м² и 11,0 г), Кипрез (620 г/м² и 10,7 г), Ниоба (520 г/м² и 10,0 г), Садко (500 г/м² и 10,2 г) и у сорта Ленинградского НИИСХ Волхова (520 г/м² и 15,3 г), характеризующихся высокой степенью отрастания после поражения снежной плесенью (90-100%), наименьшим распространением спорыньи в посевах и засорением зерновой массы склеротиями. Таким образом, состояние элементов продуктивности растений обусловлено не только генотипом, но и патогенезом спорыньи и снежной плесени.

Следует учитывать, что инфекционную нагрузку определяет не только количество

склеротий, но и их размер, т.к. крупные склеротии образуют больше стром с плодовыми телами [15]. При этом масса одного склеротия находилась в пределах от 0,04 до 0,23 г. Наиболее крупными (0,13-0,23 г) они были на сортах озимой ржи Грация, Флора, Чусовая, Славия, Ниоба, Роса, Памяти Попова, Чулпан 7, Памяти Бамбышева, Паром, Т-33 и Антарес. Относительно мелкие (0,04-0,05 г) склеротии сформировались на двух сортах ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока (Кировская 89 и Дымка) и на сорте Уральского НИИСХ – Вираж.

В ходе корреляционного анализа установлена тесная связь между поражением растений спорыньей и засорённостью зерновой массы склеротиями ($r = 0,76$) (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Влияние спорыньи на элементы продуктивности растений ржи (r) /
Influence of an ergot on the elements of rye plants efficiency (r)

Показатель / Indicator	Отрастание после поражения снежной плесенью, % / Re-growth after infestation with a snow mold, %	Развитие болезни в посевах (поражение), % / Development of disease in sowings (infestation), %	Масса 1 склеротия, г / Weight of 1 sclerotium, g	Масса зерна с 1 м ² , г/м ² / Grain mass per 1 m ² , g/m ²	Масса зерна с 1 растения, г / Grain mass per 1 plant, g	Масса 1000 зерен, г / 1000-grain mass, g
Развитие болезни в посевах (поражение), % / Development of a disease in sowing (infestation), %	-0,20	1	-	-	-	-
Масса 1 склеротия, г / Weight of 1 sclerotium, g	-0,37*	0,21	1	-	-	-
Масса зерна с 1 м ² , г/м ² / Grain mass per 1 m ² , g/m ²	-0,13	-0,67**	-0,10	1	-	-
Масса зерна с 1 растения, г / Grain mass per plant, g	-0,03	0,21	-0,01	0,11	1	-
Масса 1000 зёрен, г / 1000 grain mass, g	0,22	0,42**	0,05	-0,21	0,39*	1
Засорённость зерновой массы склеротиями, % / Contamination of grain mass with sclerotia, %	-0,20	0,76**	0,35*	-0,55**	-0,12	0,37*

* значимо на 5% уровне / *significant at 5% level, ** значимо на 1% уровне / ** significant at 1% level

Эти же иммунологические признаки достоверно влияли на урожайность ($r = -0,67$ и $r = -0,55$) и незначительно – на продуктивность растений. Обращает на себя внимание положительная зависимость между иммунологическими признаками и массой 1000 зёрен. Вероятно, обеспложивание колоса ведет к формированию более крупного зерна в фертильных цветках ($r = 0,42$ и $r = 0,37$).

Более детальный анализ вредоносности спорыньи проведен на перспективном сорте озимой ржи Графит. Показано, что с увеличением количества склеротий в колосе отмечается снижение массы зерна с колоса и количества зёрен в колосе. Так, если в здоровом колосе число зерен равнялось 89 штук, то наличие уже 3 склеротий снижает его до 63 штук (рис. 4).

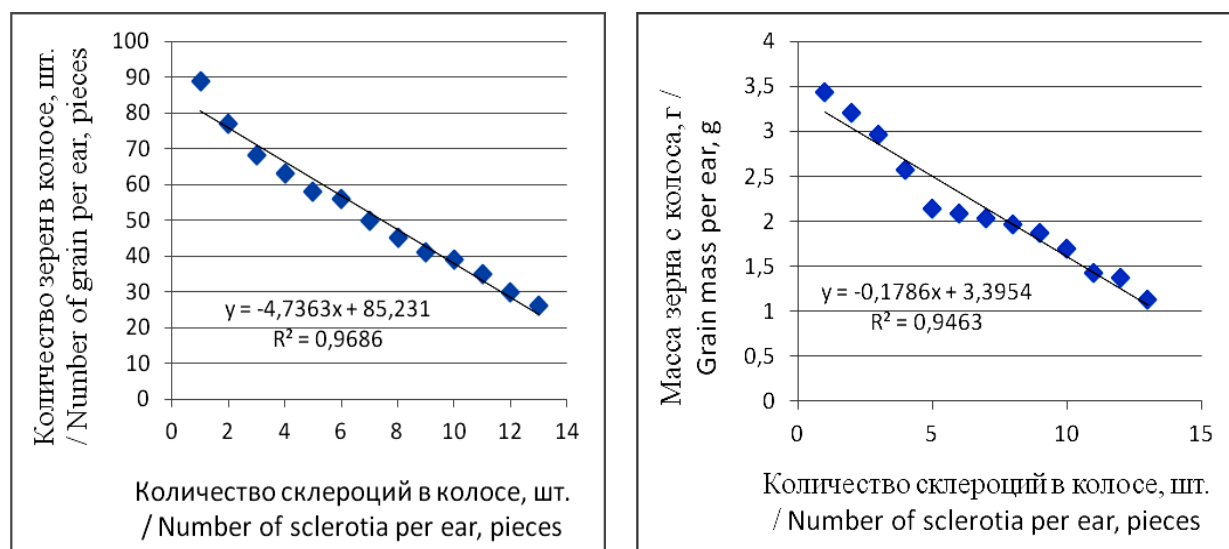


Рис.4. Зависимость массы зерна и числа зерен в колосе от заражённости спорыньей сорта озимой ржи Графит (2018)

Fig.4. Dependence of grain mass and number of grains per ear on contamination with ergot in winter rye variety Graphite (2018)

Уравнения регрессии между количеством склеротий в колосе, массой зерна с колоса и количеством зёрен в нём имеют следующий вид: $y = -0,1786x + 3,3957$ и $y = -4,7363x + 85,231$.

Их интерпретация позволяет говорить, что увеличение количества склеротий в колосе на 1 штуку приводит к снижению массы зерна с колоса на 0,95% и количества зерен в колосе на 0,97%. С другой стороны, уравнение линейного тренда с вероятностью 95-97% доказывает, что с увеличением зараженности колоса на 1 склеротий, масса зерна с колоса снижается на 0,18 грамма, а количество зёрен в колосе уменьшается на 4,7 штук.

Исходя из этого, очевиден прямой и значимый уровень вредоносности спорыньи на посевах озимой ржи в условиях Кировской области, который зависит в большей степени от количества склеротий в колосе, чем от количества поражённых растений.

Выводы. Оценка многолетней динамики проявления спорыньи в посевах озимой ржи показала, что в условиях Кировской области на жизнеспособность склеротий в большей степени влияло количество осадков в мае, чем температура воздуха. Жаркая погода в мае неблагоприятна для прорастания склеротий и формирования стром с плодовыми телами и,

наоборот, повышение температуры в период заражения растений способствовало распространению спорыньи. Увеличение количества осадков улучшало процесс прорастания склеротий после выхода из физиологического покоя, но в период цветения растений влияние условий увлажнения на прорастание аскоспор и конидий в завязи значительно снизилось.

Установлено, что вредоносность спорыньи определяется не столько распространением болезни в посевах, сколько количеством и крупностью склеротий в колосе. Это приводит к увеличению засорённости зерновой массы склеротиями, а при недостаточной его очистке и семенного материала. У изучаемых сортов озимой ржи очень низкая частота встречаемости непораженных спорыньей растений. Даже наименьшее значение показателя свидетельствует о высокой восприимчивости изучаемого материала. Однако присутствует значительная дифференциация сортов по признаку зараженности зерна склеротиями, поэтому в селекционной работе и мониторинговых исследованиях, особенно в условиях естественных или искусственных эпифитотий, следует отбирать наименее поражаемые сорта, а также необходимо учитывать все иммунологические показатели, поскольку их состояние влияет на уровень природной инфекционной нагрузки.

Список литературы

1. Dabkevičius Z., Semaškiene R. Occurrence and harmfulness of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) in cereal crops of Lithuania. *Biologie*. 2001;(3):8-10. URL: elibrary.lt/resursai/LMA/Biologija/B-08.pdf.
2. Рукшан Л.В. Спорынья ржи (возбудитель *Claviceps purpurea*). Минск: изд-во Центр БГУ, 2003. 216 с.
3. Булавина Т. Влияние борной кислоты на урожайность и пораженность спорыньей ярового тритикале. *Земляробства і ахова раслін*. 2003;(3): 16.
4. Немкович А.И. Спорынья злаковых культур. Защита и карантин растений. 2006;(6):25-26.
5. Урбан Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания. Минск: Беларуская навука, 2009. 269 с.
6. Ишкова Т.И., Берестецкая Л.И., Гасич Е.Л., Левитин М.М., Власов Д.Ю. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков. Санкт-Петербург. 2002. 76 с.
7. Санин С.С. Проблемы фитосанитарии семеноводства России. Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2002. 475 с.
8. Пономарев С.Н., Пономарева М.Л., Маннапова Г.С. Селекция озимой ржи на урожайность и качество зерна в условиях северной зоны Приволжского Федерального округа // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург: УралНИИСХ, 2012. С. 48-52.
9. Mielke H. Studien über den Pilz *Claviceps purpurea* (Fries) Tulasne unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und der Bekämpfungsmöglichkeiten des Erregers. *Mitt. aus Biol. Bundesanst. für Land- und Forstwirtschaft*, Berlin. 2000. 66 p.
10. Павлова В.В. Спорынья зерновых – результат плохого хозяйствования. *Агро XXI*. 2000;(7):4-5.
11. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М. Селекция озимой ржи на болезнеустойчивость в НИИСХ Северо-Востока. Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург: УралНИИСХ, 2012. С. 76-82.
12. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М. Экологические аспекты развития спорыньи (*Claviceps purpurea* Tul.) на посевах ржи. *Агроэкологический вестник*. Вып. 7. Воронеж, 2016. С. 83-90.
13. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М., Кедрова Л.И., Уткина Е.И. Селекция озимой ржи на устойчивость к спорынье: методическое пособие. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2018. 27 с.
14. Miedaner T., Mirdita V., Rodemann B., Drobeck T., Rentel D. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (*Claviceps purpurea*) reaction tested in a field design with minimized interplot interference. *Plant Breed*. 2010, 129, 58-62. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-009-0083-5>.
15. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М. Зависимость вредоносности спорыньи от биометрических показателей склеротиев. *Защита и карантин растений*. 2017;(11):10-12. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30578126>.

Поступила: 11.03.2019 Принята к публикации: 05.04.2019 Опубликовано онлайн: 30.04.2019

Сведения об авторе:

Щеклеина Люция Муллахметовна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3589-5524>, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

References

1. Dabkevičius Z., Semaškiene R. Occurrence and harmfulness of ergot (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) in cereal crops of Lithuania. *Biologie*. 2001;(3):8-10. URL: elibrary.lt/resursai/LMA/Biologija/B-08.pdf.
2. Rukshan L.V. *Sporyn'ya rzh'i (vzbuditel' Claviceps purpurea)*. [Rye ergot (*Claviceps purpurea* agent)]. Minsk: Izd-vo Tsentr BGU, 2003. 216 p. (In Belarus).
3. Bulavina T. *Vliyanie bornoy kisloty na urozhaynost' i porazhennost' sporyn'ey yarovogo triticales*. [Influence of boric acid on productivity and ergot infestation of spring triticales]. *Zemlyarobstva i axova raslin*. 2003;(3):16. (In Ukraine).
4. Nemkovich A.I. *Sporyn'ya zlakovykh kul'tur*. [Ergot of cereal crops]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2006;(6):25-26. (In Russ.).
5. Urban E.P. *Ozimaya rozh' v Belarusi: selektsiya, semenovodstvo, tekhnologiya vozdelevaniya*. [Winter rye in Belarus: breeding, seed farming, technology of cultivation]. Minsk: *Belaruskaya navuka*, 2009. 269 p. (In Belarus).

6. Ishkova T.I., Berestetsskaya L.I., Gasich E.L., Levitin M.M., Vlasov D.Yu. *Diagnostika osnovnykh gribnykh bolezney khlebnnykh zlakov*. [Diagnosis of the main fungi diseases of grain cereals]. Sankt-Peterburg. 2002. 76 p. (In Russ.).
7. Sanin S.S. *Problemy fitosanitarii semenovodstva Rossii*. [Problems of phytosanitation of seed farming in Russia]. Orel: Izd-vo OrelGAU, 2002. 475 p.
8. Ponomarev S.N., Ponomareva M.L., Mannapova G.S. *Selektsiya ozimoy rzhi na urozhaynost' i kachestvo zerna v usloviyakh severnoy zony Privolzhskogo Federal'nogo okruga*. [Breeding of a winter rye on productivity and grain quality in conditions of a northern zone of the Volga Federal District]. *Ozimaya rozh': selektsiya, semenovodstvo, tekhnologii i pererabotka: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Winter rye: breeding, seed farming, technologies and processing: Proceedings of the All-Russian scientific and practical Conference]. Ekaterinburg: UralNIISKh, 2012. pp. 48-52. (In Russ.).
9. Mielke H. Studien über den Pilz *Claviceps purpurea* (Fries) Tulane unter Berücksichtigung der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten und der Bekämpfungsmöglichkeiten des Erregers. Mitt. aus Biol. Bundesanst. für Land- und Forstwirtschaft, Berlin. 2000. 66 p.
10. Pavlova V.V. *Sporyn'ya zernovykh – rezul'tat plokhogo khozyaystvovaniya*. [An ergot of grain is the result of poor managing]. *Agro XXI*. 2000;(7):4-5. (In Russ.).
11. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M. *Selektsiya ozimoy rzhi na bolez-neustoychivost' v NIISKh Severo-Vostoka*. [Breeding of winter rye on a disease resistance in North-East NIISH]. *Ozimaya rozh': selektsiya, semenovodstvo, tekhnologii i pererabotka: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Winter rye: breeding, seed farming, technologies and processing: Proceedings of the All-Russian scientific and practical Conference]. Ekaterinburg: UralNIISKh, 2012. pp. 76-82. (In Russ.).
12. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M. *Ekologicheskie aspekty razvitiya sporyn'i (Claviceps purpurea Tul.) na posevakh rzhi*. [Ecological aspects of an ergot (*Claviceps purpurea* Tul.) development on rye sowings]. *Agroekologicheskiy vestnik*. Iss. 7. Voronezh, 2016. pp. 83-90. (In Russ.).
13. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M., Kedrova L.I., Utkina E.I. *Selektsiya ozimoy rzhi na ustoychivost' k sporyn'e: metodicheskoe posobie*. [Breeding of a winter rye on resistance to an ergot: methodical guide]. Kirov: FGBOU VO Vyatskaya GSKhA, 2018. 27 p. (In Russ.).
14. Miedaner T., Mirdita V., Rodemann B., Drobeck T., Rentel D. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (*Claviceps purpurea*) reaction tested in a field design with minimized interplot interference. *Plant Breed.* 2010, 129, 58-62. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-009-0083-5>.
15. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M. *Zavisimost' vredonosnosti sporyn'i ot biometricheskikh pokazateley sklerotsiev*. [Dependence of ergot harmfulness on biometric parameters of sclerotia]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2017;(11):10-12. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30578126>.

Received: 11.03.2019

Accepted for publication: 05.04.2019

Published online: 30.04.2019

Information about author:

Lucia M. Shchekleina, PhD in Agriculture, senior researcher, the Laboratory of Immunity and Plant Protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Lenina str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3589-5524>, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru