

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ПОРАЖЕННОСТЬ ПРОСА МЕЛАНОЗОМ

А.Ю. СУРКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0002-2425-7623

И.В. СУРКОВА, научный сотрудник, ORCID ID 0000-0002-7333-2511

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА»

E-mail: niish1c@mail.ru

Аннотация. Опыт проводился на базе ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева». В качестве материала исследований были взяты 14 сортов проса экологического сортоиспытания с разным генетическим пулом, которые анализировались по пораженности некротическим меланозом за 10 лет (2015-2024 гг.). Из метеорологических факторов анализировались количество осадков, среднесуточная температура воздуха, относительная влажность воздуха, минимальная влажность воздуха, сумма активных температур, гидротермический коэффициент, минимальная среднесуточная температура воздуха, число дней с осадками в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса. Для выявления зависимости степени поражения некротическим меланозом и метеорологическими факторами нами был проведен парный корреляционный анализ. Положительная корреляционная связь выявлена между пораженностью меланозом и количеством осадков, особенно в период начала выметывания – уборка. Также выявлена положительная корреляционная связь между пораженностью меланозом и ГТК в период начала выметывания – полная спелость и в период начала выметывания – уборка. Между пораженностью меланозом и суммой активных температур выявлена положительная корреляционная связь в период полная спелость – уборка и в период начала выметывания – уборка. Отрицательная корреляционная связь выявлена между пораженностью меланозом и минимальной среднесуточной температурой воздуха в период полная спелость – уборка и в период начала выметывания – уборка. Положительная корреляционная связь средней силы установлена между пораженностью проса меланозом и продолжительностью периода полная спелость – уборка и периода начала выметывания – уборка. Установлена слабая положительная корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в период начала выметывания – полная спелость, в период полная спелость – уборка и в период начала выметывания – уборка.

Ключевые слова: просо, селекция, сорт, некротический меланоз, коэффициент корреляции, метеорологические факторы.

Для цитирования: Сурков А.Ю., Суркова И.В. Влияние условий внешней среды на пораженность проса меланозом. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 4 (56):98-104
DOI: 10.24412/2309-348X-2025-4-98-104

THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS ON THE LESION MILLET MELANOSIS

A.Ju. Surkov, I.V. Surkova

FGBSI «V.V. DOKUCHAEV VORONEZH FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER»

Abstract: The experiment was carried out on the basis of the FSBSI «V.V. Dokuchaev Federal Agrarian Scientific Center, Voronezh». In the quality of the research material, 14 varieties of millet of ecological variety testing with different genetic pools were taken, which were analyzed for their

involvement in necrotic melanosis over 10 years (2015-2024). Of the meteorological factors, the amount of precipitation, average daily air temperature, relative humidity, minimum air humidity, the sum of active temperatures, hydrothermal coefficient, minimum average daily air temperature, the number of days with precipitation during the periods were analyzed: the beginning of sweeping – complete ripeness, complete ripeness – millet harvesting, the beginning of sweeping – millet harvesting. To identify the relationship between the degree of damage to necrotic melanosis and meteorological factors, we conducted a pair correlation analysis. A positive correlation was found between the involvement of melanosis and the amount of precipitation, especially during the period of the beginning of sweeping - cleaning. There was also a positive correlation between melanosis and GTC involvement during the period of scouring onset - complete ripeness and during the period of scouring onset - cleaning. A positive correlation was found between melanosis involvement and the sum of active temperatures during the period of complete ripeness – cleaning and during the period of the beginning of sweeping - cleaning. A negative correlation was found between melanosis involvement and the minimum average daily air temperature during the period of complete ripeness – cleaning and during the period of the beginning of sweeping - cleaning. A positive correlation of medium strength was established between the lesion of millet with melanosis and the duration of the period of complete ripeness – cleaning and the period of the beginning of sweeping - cleaning. A weak positive correlation was established between the lesion of millet with melanosis and the number of days with precipitation during the period of the beginning of sweeping - complete ripeness, during the period of complete ripeness – cleaning and during the period of the beginning of sweeping – cleaning.

Keywords: millet, breeding, variety, necrotic melanosis, coefficient of correlation, meteorological factors.

Введение

Сравнительно новой болезнью проса является меланоз или подпленочный некроз семян (от греческого *melanos* – черный).

Меланоз значительно снижает качество зерна проса, что негативно сказывается на потребительской (пищевой) ценности культуры. Это наиболее распространенное инфекционное заболевание проса, вторая по экономической значимости болезнь, которая проявила наибольшую вредоносность в 60-70-е годы 20-го столетия во всех прососеющих регионах страны [1].

Анализ литературы позволяет отметить, что у исследователей отсутствует единое мнение по изучению влияния погодных факторов на развитие меланоза [2].

По одним сведениям, развитию болезни способствует сухая и жаркая погода, по другим – прохладная и дождливая, а также продолжительность периодов «всходы – начало выметывания», «всходы – созревание» и число дней с осадками более 1 мм [3, 4, 5].

М. Койшибаев (1998) связывает разноречивость полученных результатов с рядом объективных и субъективных факторов: 1) многие авторы, изучая связь пораженности проса меланозом от погодных условий в каком-то определенном регионе, не приводят сопоставимых данных по другим зонам возделывания, при этом сами понятия "дождливый" или "засушливый год" не конкретизированы (год, подразумевающийся "засушливым" для Центрально-Черноземной зоны России мог быть вполне "дождливым" для Саратовской и Оренбургской областей); 2) из-за отсутствия многолетних наблюдений сравнивались в основном данные 2-3 года; 3) проанализированы в большинстве случаев погодные условия более продолжительного периода (июль-август) без учета конкретных сроков фенофазы развития проса, хотя осадки могли выпасть до уязвимой для заражения зерна меланозом фазы развития или после этого срока; 4) в исследованиях не учитывали такой немаловажный для появления болезни фактор, как устойчивость сортов.

Таким образом, на основании изучения литературных данных следует, что определение факторов внешней среды, влияющих на степень развития меланоза в условиях юго-востока ЦЧР, является актуальным.

Цель исследований – выявление факторов внешней среды, влияющих на пораженность проса меланозом в условиях юго-востока Центрального Черноземного региона.

Условия, материалы и методы исследований

Полевые опыты были заложены в южном селекционном севообороте научного центра. В качестве материала исследований были взяты 14 сортов проса экологического сортоиспытания с разным генетическим пулом, которые анализировались по пораженности некротическим меланозом за 10 лет (2015-2024 гг.).

Метеоданные взяты в гидрометеорологической обсерватории «Каменная Степь». Из метеорологических факторов анализировались количество осадков, среднесуточная температура воздуха, относительная влажность воздуха, минимальная влажность воздуха, сумма активных температур, гидротермический коэффициент, минимальная среднесуточная температура воздуха, число дней с осадками в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса, когда возможно заражение ядра некротическим меланозом.

Для выявления зависимости степени поражения некротическим меланозом и метеорологическими факторами в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса, нами был проведен парный корреляционный анализ.

Результаты и их обсуждение

Наиболее благоприятные условия для развития некротического меланоза сложились в 2018, 2019, 2021 и 2022 гг., наименее – в 2015, 2017 и 2024 гг.

При таких условиях пораженность проса некротическим меланозом отличалась сильным варьированием (табл. 1).

Таблица 1

Пораженность проса некротическим меланозом

Показатели	Годы									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Средняя пораженность меланозом, %	0,7	1,2	0,5	3,0	4,4	1,3	4,9	3,6	1,6	0,6
Min	0,0	0,7	0,1	0,8	1,8	0,0	2,6	0,5	0,0	0,0
Max	1,7	1,9	1,5	6,9	7,7	3,6	8,2	12,9	4,2	2,0
Коэффициент вариации (CV), %	83,2	36,5	76,3	57,1	44,8	84,3	31,8	89,9	74,3	95,7

Так, средняя пораженность изученных сортов проса меланозом в 2015-2024 гг. изменялась от 0,5% в 2017 году до 4,9% в 2021 году. Наибольшая дифференциация сортов по пораженности меланозом наблюдалась в 2024, 2022, 2020 и 2015 гг. (CV составил 83,2-95,7%). Наименьшая дифференциация сортов по пораженности меланозом (CV составил 31,8%) наблюдалась в 2021 году, несмотря на то, что средняя пораженность сортов меланозом была наибольшей за все годы исследований (4,9%).

Изменение метеорологических факторов по годам в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса представлено в таблице 2. Из метеорологических факторов в периоды: начало выметывания – полная спелость, полная спелость – уборка проса, начало выметывания – уборка проса в 2015-2024 гг. наиболее неустойчивыми (наибольшая величина коэффициентов вариации, CV) являлись количество осадков, ГТК, минимальная среднесуточная температура воздуха. Наибольшими показателями коэффициентов вариации (CV) отличался период полная спелость – уборка проса.

Изменение показателей метеофакторов по годам

Показатели	Среднее за 2015-2024 гг.	CV, %	Min	Max
Период начало выметывания – полная спелость				
Количество осадков, мм	78,7	49,9	22,0	155,0
Среднесуточная температура воздуха, °C	21,9	6,4	19,0	24,9
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	10,9	14,9	5,5	14,1
Относительная влажность воздуха, %	60,0	6,6	53,0	68,0
Минимальная влажность воздуха, %	21,0	21,1	14,0	31,0
Сумма активных температур, °C	1000,2	7,6	788,4	1166,0
ГТК	0,8	49,6	0,24	1,59
Период полная спелость – уборка				
Количество осадков, мм	27,7	130,8	0,0	129,0
Среднесуточная температура воздуха, °C	19,9	13,1	15,0	24,8
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	7,0	61,1	0,2	16,6
Относительная влажность воздуха, %	55,0	18,2	37,0	68,0
Минимальная влажность воздуха, %	19	24,3	12,0	27,0
Сумма активных температур, °C	462,9	36,0	105,6	757,0
ГТК	0,5	105,4	0,0	1,86
Период начало выметывания – уборка				
Количество осадков, мм	106,5	45,9	28,0	194,0
Среднесуточная температура воздуха, °C	20,9	7,0	18,1	23,5
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	6,3	52,8	0,2	10,0
Относительная влажность воздуха, %	57,0	10,0	48,0	64,0
Минимальная влажность воздуха, %	18,0	24,2	12,0	25,0
Сумма активных температур, °C	1458,5	12,6	1100,6	1782,0
ГТК	0,7	40,8	0,16	1,22

Величина среднесуточной температуры воздуха изменилась незначительно. Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и гидротермическими показателями в различные периоды развития растений проса представлена в таблице 3.

Таблица 3

Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и климатическими показателями в различные периоды развития растений

Показатели	Коэффициент корреляции
Период начало выметывания – полная спелость	
Количество осадков, мм	0,37***
Среднесуточная температура воздуха, °C	0,08
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	0,16
Относительная влажность воздуха, %	- 0,18*
Минимальная влажность воздуха, %	0,01
Сумма активных температур, °C	- 0,09
ГТК	0,38***

Период полная спелость – уборка	
Количество осадков, мм	0,22*
Среднесуточная температура воздуха, °C	- 0,15
Минимальная среднесуточная температура воздуха, ° C	- 0,51***
Относительная влажность воздуха, %	- 0,02
Минимальная влажность воздуха, %	- 0,13
Сумма активных температур, °C	0,40***
ГТК	0,12
Период начало выметывания – уборка	
Количество осадков, мм	0,47***
Среднесуточная температура воздуха, °C	- 0,10
Минимальная среднесуточная температура воздуха, °C	- 0,56***
Относительная влажность воздуха, %	- 0,09
Минимальная влажность воздуха, %	0,04
Сумма активных температур, °C	0,32***
ГТК	0,38***

*Примечание: здесь и далее *, **, *** – достоверно соответственно на 5%, 1%, 0,1% уровне значимости*

Положительная корреляционная связь выявлена между пораженностью меланозом и количеством осадков ($r = 0,47$), особенно в период начала выметывания – уборка ($r = 0,47$). Также выявлена положительная корреляционная связь между пораженностью меланозом и ГТК в период начала выметывания – полная спелость ($r = 0,38$) и в период начала выметывания – уборка ($r = 0,38$). Между пораженностью меланозом и суммой активных температур выявлена положительная корреляционная связь в период полная спелость – уборка ($r = 0,40$) и в период начала выметывания – уборка ($r = 0,32$).

Отрицательная корреляционная связь выявлена между пораженностью меланозом и минимальной среднесуточной температурой воздуха в период полная спелость – уборка ($r = -0,51$) и в период начала выметывания – уборка ($r = -0,56$). Влага конденсируется из прохладного воздуха и происходит появление ночной росы.

Продолжительность вегетационного периода проса по годам изменялась незначительно (CV составил 3,7%) с 75 дней в 2016 до 91 – в 2018 году (табл. 4).

Таблица 4

Изменение продолжительности различных периодов развития растений по годам

Показатели	Среднее за 2015-2024 гг.	CV, %	Min	Max
Продолжительность вегетационного периода, дней	84	3,7	75	91
Продолжительность периода всходы – начало выметывания, дней	38	12,4	29	51
Продолжительность периода начала выметывания – полная спелость, дней	46	9,6	36	55
Продолжительность периода полная спелость – уборка, дней	23	48,9	6	53
Продолжительность периода начало выметывания – уборка, дней	69	15,5	55	96

Продолжительность периода полная спелость – уборка проса изменялась наиболее значительно (CV составил 48,9 %) с 6 дней в 2015 до 53 – в 2022 году.

Положительная корреляционная связь средней силы установлена между пораженностью проса меланозом и продолжительностью периодов: полная спелость – уборка ($r = 0,51$) и начало выметывания – уборка ($r = 0,51$) (табл. 5).

Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и продолжительностью различных периодов развития растений

Показатели	Коэффициент корреляции
Продолжительность вегетационного периода, дней	- 0,21*
Продолжительность периода всходы – начало выметывания, дней	-0,05
Продолжительность периода начало выметывания – полная спелость, дней	- 0,10
Продолжительность периода полная спелость – уборка, дней	0,51***
Продолжительность периода начало выметывания – уборка, дней	0,51***

Слабая отрицательная связь установлена между пораженностью меланозом и продолжительностью вегетационного периода ($r = -0,21$).

Число дней с осадками за период всходы – полная спелость изменялась незначительно (СВ составил 16,3%) с 23 дней в 2019 до 42 – в 2023 году (табл. 6).

Таблица 6

Изменение числа дней с осадками за различные периоды развития растений по годам

Показатели	Среднее за 2015-2024 гг.	CV, %	Min	Max
Период начало выметывание – полная спелость	17	34,0	10	32
Период полная спелость – уборка	7	107,1	0	27
Период начало выметывание – уборка	24	49,2	13	57
Период всходы – полная спелость	30	16,3	23	42
Период всходы – уборка	37	27,8	26	60

Наиболее значительно (СВ составил 107,1%) изменялась число дней с осадками за период полная спелость – уборка проса, с 0,0 дней в 2015 до 27 – в 2022 году.

Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в различные периоды развития растений представлена в таблице 7.

Таблица 7

Корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в различные периоды развития растений

Показатели	Коэффициент корреляции
Число дней с осадками за период начало выметывание – полная спелость, дней	0,31***
Число дней с осадками за период полная спелость – уборка, дней	0,24**
Число дней с осадками за период начало выметывание – уборка, дней	0,30***
Число дней с осадками за период всходы – полная спелость, дней	0,01
Число дней с осадками за период всходы – уборка, дней	0,17*

Установлена слабая положительная корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в период начало выметывания – полная спелость ($r = 0,31$), в период полная спелость – уборка ($r = 0,24$) и в период начало выметывания – уборка ($r = 0,30$).

Заключение

Таким образом, нами выявлена положительная корреляционная связь между пораженностью меланозом и количеством осадков, особенно в период начало выметывания – уборка. Также выявлена положительная корреляционная связь между пораженностью меланозом и ГТК в период начало выметывания – полная спелость и в период начало выметывания – уборка. Между пораженностью меланозом и суммой активных температур выявлена положительная корреляционная связь в период полная спелость – уборка и в период начало выметывания – уборка. Отрицательная корреляционная связь выявлена между

пораженностью меланозом и минимальной среднесуточной температурой воздуха в период полная спелость – уборка и в период начало выметывания – уборка. Положительная корреляционная связь средней силы установлена между пораженностью проса меланозом и продолжительностью периода полная спелость – уборка и периода начало выметывания – уборка. Установлена слабая положительная корреляционная связь между пораженностью проса меланозом и числом дней с осадками в период начало выметывание – полная спелость, в период полная спелость – уборка и в период начало выметывания – уборка.

Степень поражения ядер проса меланозом в немалой степени зависит не только от погодных условий, но и от сроков уборки, которые зависят от технологии уборки посевов проса. Поэтому его убирают обычно раздельным способом, если позволяет техника. Прямое комбайнирование посевов проса на семена возможно при условии десикации. Но лучшим способом уборки проса, особенно в неблагоприятные годы, является прямое комбайнирование с предварительной сеникацией посевов, которое также способствует повышению посевных качеств семян и урожайности.

Полученные результаты исследований можно использовать в селекции проса на устойчивость к меланозу при создании провокационных фонов, а также при разработке научно обоснованной защиты проса от меланоза. При этом снизить влияние погодных факторов на развитие меланоза можно с помощью подбора иммунных сортов, оптимальных для данного региона сроков посева и уборки, а также способов уборки проса.

Литература

1. Тихонов Н.П. Особенности и результаты селекции проса посевного на устойчивость к меланозу зерна. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 2 (10). – С. 60-63.
2. Кулемина Т.В. Меланоз как фактор низкого качества зерна проса посевного (*Panicum miliaceum L.*) (Обзор). // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. – Санкт-Петербург, 2019. – Т. 180. – Вып. 4. – С. 186-192. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-186-192.
3. Котляр А.И., Сидоренко В.С., Варлахова Л.Н. Изменение показателей качества зерна у возделываемых в РФ сортов проса посевного в процессе селекции. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 2 (10). – С. 51-55.
4. Никифорова И.Ю. Устойчивость раннеспелых и среднеранних образцов проса к меланозу в условиях Предкамской зоны республики Татарстан. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 1 (5). – С. 37-43.
5. Никифорова И.Ю., Кадырова Ф.З. Селекция проса посевного на устойчивость к меланозу в условиях Предкамской зоны республики Татарстан. // Вестник Казанского ГАУ. – 2015. – № 2 (36). – С. 136-140. DOI: 10.12737/12518.

References

1. Tikhonov N.P. Osobennosti i rezul'taty selekcii prosa posevnogo na ustojchivost' k melanozu zerna [The peculiarities and results of millet breeding for resistance to melanosis of grain]. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2014, no. 2 (10), pp.60-63. (In Russian).
2. Kulemina T.V. Melanoz kak faktor nizkogo kachestva zerna prosa posevnogo (*Panicum miliaceum L.*) (Obzor) [Melanosis as a factor reducing grain quality in proso millet (*Panicum miliaceum L.*) (A review)]. *Tr. po prikl. botanike, genetike i selekcii* [Proceedings on applied botany, genetics and selection]. ST. Petersburg, 2019, Vol. 180, Issue 4, pp. 186-192. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-186-192. (In Russian)
3. Kotlyar A.I., Sidorenko V.S., Varlakhova L.N. Izmenenie pokazatelej kachestva zerna u vozdeleyvaemyx v RF sortov prosa posevnogo v processe selekcii [Change of indicators of quality of grain at varieties of common millet cultivated in the Russian Federation in the course of selection]. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2014, no. 2 (10), pp. 51-55. (In Russian)
4. Nikiforova I.Yu. Ustoichivost' rannespelyx i srednerannix obrazcov prosa k melanozu v usloviyakh Predkamskoj zony` respubliki Tatarstan [Stability of early and mid-maturing millet samples to melanosis in Predkamskaya area of Tatarstan]. *Zernobobovye i krupyanje kul'tury – Legumes and Groat Crops*, 2013, no. 1 (5), pp. 37-43. (In Russian)
5. Nikiforova I.Yu., Kadyrova F.Z. Seleksiya prosa posevnogo na ustojchivost' k melanozu v usloviyah Predkamskoj zony respubliki Tatarstan [Selection of sown millet to immunity of melanosis at the Kama zone of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo GAU* [Vestnik of Kazan State Agrarian University]. 2015, no. 2 (36), pp. 136-140. DOI: 10.12737/12518 (in Russian)