

- пенько // Защита растений: сб. науч. тр. – 2021. – Вып. 45. – С. 104–115.
3. Видовое разнообразие возбудителей фузариозной корневой гнили озимых зерновых культур / Н. А. Крупенько [и др.] // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 1. – С. 36–40.
 4. Видовой состав грибов рода *Fusarium*, вызывающих корневую гниль яровых зерновых культур / Н. А. Крупенько [и др.] // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 2. – С. 40–43.
 5. Григорьев, М. Ф. Типы корневых гнилей зерновых культур и патогенные комплексы их возбудителей в Центральном Нечерноземье России / М. Ф. Григорьев // Известия ТСХА. – 2012. – Вып. 6. – С. 87–100.
 6. Коршунова, А. Ф. Защита пшеницы от корневых гнилей / А. Ф. Коршунова, А. Е. Чумаков, Р. И. Щечокчихина. – Л.: Колос, 1976. – 184 с.
 7. Максимов, В. А. Поражение зерновых культур корневыми гнилями в различных севооборотах / В. А. Максимов, С. А. Замятин, Н. Н. Апаева // Вестник защиты растений. – 2011. – № 2. – С. 53–56.
 8. Фитопатологическая ситуация в посевах озимых зерновых культур на сортоиспытательных станциях и участках / А. Г. Жуковский [и др.] // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию», Респ. науч. дочер. унитар. предприятие «Ин-т защиты растений»; редкол.: Л. И. Трешко [и др.]. – Минск, 2016. – Вып. 40. – С. 168–176.
 9. Фитосанитарное состояние почвы в зависимости от агротехнических приемов возделывания зерновых культур / Н. Н. Апаева [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 2. – С. 26–31.
 10. Фузариозные корневые гнили зерновых культур в Западной Сибири и Зауралье / Е. Ю. Торопова [и др.] // Защита и карантин растений. – 2013. – № 9. – С. 23–26.
 11. Cook, R. J. Management of wheat and barley root diseases in modern farming systems / R. J. Cook // Australian Plant Pathology. – 2001. – Vol. 30. – P. 119–126. <https://doi.org/10.1071/AP01010>.
 12. Crop damage estimates for crown rot of wheat and barley in the Pacific Northwest / R. W. Smiley [et al.] // Plant Disease. – 2005. – Vol. 89. – P. 595–604. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0595>.
 13. Effect of climate on the distribution of *Fusarium* spp. causing rot of wheat in the Pacific Northwest of the United States / G. J. Poole [et al.] // Phytopathology. – 2013. – Vol. 103. – P. 1130–1140.
 14. Spatial distribution of root and crown rot fungi associated with winter wheat in the North China Plain and its relationship with climate variables / F. Xu [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2018. – Vol. 9. – Article 1054. – <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01054>.
 15. Species compositions of root rot agents of spring barley / D. T. Gentosh [et al.] // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – Vol. 10. – P. 106–109. https://doi.org/10.1542/2020_141.
 16. Study of the fungal complex responsible for root rot of wheat and barley in the North-west of Morocco / S. Qostal [et al.] // Plant Archives. – 2019. – Vol. 19, № 2. – P. 2143–2157.

УДК 633.1.324:632.4

Поражаемость сортов озимых зерновых культур снежной плесенью

Т. Г. Пилат, кандидат биологических наук, А. Г. Жуковский, кандидат с.-х. наук, Н. А. Крупенько, кандидат биологических наук, А. А. Жуковская, В. Г. Лешкевич, научные сотрудники Института защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 26.05.2022)

В статье представлены результаты (2019–2021 гг.) оценки поражаемости сортов озимых зерновых культур снежной плесенью. Установлено, что степень развития болезни зависит от высоты снежного покрова ($r = 0,81$) и продолжительности его залегания ($r = 0,74$). Степень поражения озимой пшеницы достигала 87,4 % (сорт Августина), озимого тритикале – 68,6 % (сорт Динамо), озимой ржи – 47,8 % (сорт Зазерская 3), озимого ячменя – 42,0 % (сорт Изоцел).

Введение

Снежная плесень в настоящее время является одной из наиболее вредоносных болезней в посевах озимых зерновых культур. В благоприятные для ее развития годы она наносит значительный ущерб сельскому хозяйству. В условиях Беларуси ежегодно отмечается поражение посевов озимых зерновых культур снежной плесенью. За последнее время эпифитотии снежной плесени в посевах озимой пшеницы и тритикале случались раз в несколько лет с развитием болезни до 88,7 % и гибелью растений до 68,1 % [7, 8].

Болезнь проявляется на всходах, вызывая гибель проростков, или на листьях в виде водянистых зеленоватых, а со временем буреющих пятен, ограниченных от здоровой ткани светлым ободком. Осенью можно наблюдать поражение первого листа у основания. Зимует

The article presents the results (2019–2021) of assessing the susceptibility of winter cereal crops varieties to snow mold. It was found that the degree of disease severity depends on the height of snow cover ($r = 0,81$) and the duration of its occurrence ($r = 0,74$). Disease severity reached 87,4 % (variety Augustine), winter triticale – 68,6 % (variety Dynamo), winter rye – 47,8 % (variety Zazerskaya 3), winter barley – 42,0 % (variety Isocel).

мицелий гриба в тканях пораженного растения. В период продолжительных оттепелей гриб может возобновлять свое развитие. Ранней весной после таяния снега на листьях образуются пятна, которые затем могут покрываться серо-белым, а позднее пушистым налетом [2, 6, 15]. В период весенней вегетации при холодной погоде в загущенных посевах возбудители болезни вызывают загнивание точки роста. При сильном поражении наблюдается отмирание узла кущения, листовых влагалищ и гибель всего растения, а иногда и полная гибель посевов [1]. Из-за выпадения растений образуются «плешины», зачастую посевы на всей площади могут быть сильно изрежены [1, 5]. При эпифитотиях потери урожая могут достигать 40 % [5, 14]. Листья теряют тургор, склеиваются, разрушаются и отмирают. Пораженные растения обладают меньшей интенсивностью весеннего отрастания, боковые побеги развиваются неполноценными,

особенно при сильном поражении, нередко отмирают или образуют бесплодные колосья и щуплое зерно. Ю. Б. Трофимовой и Н. М. Боме было установлено, что при интенсивном развитии снежной плесени урожайность озимой ржи снижается на 38,1 %, площадь листьев – на 1 м², количество зерен с растения, масса зерна с колоса и растения – более чем на 50 % [14]. Исследования, проведенные А. Г. Жуковским, показали, что при степени поражения растений в пределах 1–25 % не наблюдается существенного снижения урожая, в пределах 26–50 % – потери урожая могут достигать 28,7 % за счет снижения количества продуктивных стеблей (на 11,3 %), зерен (на 10,4 %) и массы колоса (на 21,9 %). При степени поражения в пределах 51–75 % отмечаются более высокие потери урожая – 42,4 % [6].

Ранее считалось, что возбудителем болезни является гриб *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels et I. Hallet [1, 5, 6]. В настоящее время с помощью методов молекулярной диагностики установлено, что снежную плесень озимых зерновых культур наряду с грибом *M. nivale* вызывает гриб *M. majus* (Wollenw.) Glynn & S. G. Edwards [3, 16, 18]. Установлено, что гриб *M. nivale* чаще встречается на растениях озимой ржи, тогда как *M. majus* – на пшенице, ячмене и тритикале [18]. Вместе с тем другие исследователи отмечают присутствие ДНК обоих видов *Microdochium* в образцах зерновых культур в равном количестве [17] либо преобладание *M. nivale* [3]. Исследования Т. Ю. Гагкаевой и соавторов показали, что на зерновых культурах наряду с указанными видами может присутствовать также вид *M. seminicola* [3, 16.]. Хотя грибы-возбудители снежной плесени относят к разряду криофильных, у них есть как психрофильная фаза, позволяющая развиваться зимой под снежным покровом, так и мезофильная, при которой они способны поражать растения летом при повышенной влажности и умеренных температурах [19]. Так, в Краснодарском крае отмечали развитие как снежной плесени, так и ожога листьев и фузариоза колоса, вызываемых грибами р. *Microdochium* [3, 5].

Согласно литературным данным, метеорологические факторы играют решающую роль в скорости и интенсивности развития снежной плесени. Усилению развития болезни способствуют, с одной стороны, погодные условия осени и температурный фактор в момент установления снежного покрова. К ним относятся: недобор тепла в период осенней вегетации; обильные атмосферные осадки осенью (1,5–2,5 нормы); выпадение снега на талую почву

при слабом ее промерзании (до 50 см). С другой стороны – условия, неблагоприятные для растения-хозяина и благоприятные для возбудителя болезни, – продолжительный (более 100 дней) и глубокий (свыше 30 см) снежный покров (особенно в феврале и марте) или частые длительные оттепели зимой, а также растянутый период таяния снега, сопровождаемый туманами с преобладанием пониженных положительных температур [5]. В последние десятилетия на всей территории республики наблюдаются изменения температурного режима, отмечается тенденция к повышению теплообеспечения вегетационного периода [11]. Климатические изменения становятся реальным фактором, обуславливающим трансформацию ценозов сельскохозяйственных культур. Под воздействием высоких температур у растений-хозяев ухудшается обмен веществ, в результате чего они могут изменить свой иммунный статус [9]. В связи с этим целью исследований являлась оценка поражаемости сортов озимых зерновых культур снежной плесенью.

Материалы и методы исследований

Поражаемость сортов озимых зерновых культур (пшеница – 12 сортов, тритикале – 6, рожь – 10, ячмень – 2) снежной плесенью изучали в течение 2019–2021 гг. в полевых условиях на опытном поле РУП «Институт защиты растений» на фоне протравливания семян флудиоксонилсодержащим препаратом. Учеты проводили весной после таяния снежного покрова во время возобновления весенней вегетации. В посевах каждого сорта отбирали все растения с двух учетных площадок по 0,5 м². Определяли распространенность и развитие болезни, процент погибших растений [12].

Статистическую обработку результатов исследований проводили, используя пакет программ статистической обработки данных MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Уровень развития снежной плесени при наличии инфекции определяется в первую очередь метеоусловиями – ранним переходом температуры через 0 °С, длительным залеганием снежного покрова, растянутым периодом таяния снега. Все это приводит к ослаблению растений и способствует активной жизнедеятельности патогенов, которые развиваются в течение всего зимнего периода. Согласно литературным данным, развитие



Посев, пораженный снежной плесенью



Спородохии грибов-возбудителей снежной плесени на листьях озимых зерновых культур

и вредоносность снежной плесени усиливается, если осенью снег выпадает на незамерзшую землю, а потом под его покровом продолжительное время сохраняется положительная температура. Растения, не вступившие в состояние покоя, продолжают вегетировать, интенсивно дышать, расходуя запасы питательных веществ, и начинают испытывать углеводное голодание, что ускоряет распад белков. Поражению снежной плесенью также сопутствует высокий снежный покров, позднее таяние снега и холодная погода с частыми осадками весной [10].

За период исследований развитие снежной плесени в посевах зерновых культур не отмечено весной 2020 г., при этом осенне-зимний период характеризовался аномально теплой погодой, без устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения. Продолжительность залегания снежного покрова не превышала 10 дней, а максимальная его высота – не более 4 см.

В результате обследований посевов озимых зерновых культур в условиях опытного поля РУП «Институт защиты растений» определены средние показатели развития болезни (рисунок).

В 2019 г. уровень развития снежной плесени колебался от депрессивного (в посевах озимого ячменя) до эпифитотийного (в посевах озимой пшеницы) уровня. В посевах озимых тритикале и ржи отмечено умеренное развитие болезни. Осенний период 2018 г. характеризовался неустойчивым температурным режимом. Температура воздуха была выше многолетних значений. Начиная со второй половины ноября установился снежный покров, высота которого достигала 24 см, а длительность его залегания составила более 80 дней. Температура почвы на глубине залегания узла кущения была выше оптимальных значений (от 0 до –1 °С), что способствовало повышенному расходу питательных веществ.

В результате продолжительной осени 2020 г. период осенней вегетации озимых зерновых культур увеличился, и посевы ушли в зиму переросшими. В последней декаде ноября отмечено выпадение снега на слабо промерзшую почву. Высота снежного покрова достигала 28 см, продолжительность залегания составила более 95 дней. Все вышеперечисленное обусловило повышенный расход сахаров растениями и их истощение. В дальнейшем в результате затяжной холодной весны с повторным выпадением снега на таких растениях интенсивно развивалась снежная плесень. В результате сочетания ухудшения физиологического состояния посевов и благоприятных для развития патогена погодных условий развитие болезни в среднем составляло от 36,3 % (озимая рожь) до 70,6 % (озимая пшеница).

В результате исследований установлено, что на развитие заболе-

вания оказывает влияние высота снежного покрова ($r = 0,81$) и продолжительность периода его залегания ($r = 0,74$), что согласуется с литературными данными, полученными для других регионов возделывания зерновых культур [4, 13]. Чем выше высота снежного покрова и длительнее период нахождения растений под снегом, тем выше степень поражения озимых зерновых культур снежной плесенью.

При оценке поражаемости сортов зерновых культур снежной плесенью отмечено, что в 2019 и 2021 г. в посевах всех обследованных сортов озимой пшеницы отмечено эпифитотийное развитие болезни (таблица).

Отмечено, что среди обследованных сортов озимой пшеницы наиболее поражаемыми оказались сорта Августина, Мроя, Ода и Ядвися, тогда как гибель была максимальной на сорте Августина (28,8 %).

В посевах озимого тритикале наиболее восприимчивыми к возбудителям снежной плесени оказались сорта Гренадо, Динамо и Толедо. Гибель растений на этих сортах варьировала от 15,7 (Гренадо) до 25,9 % (Толедо). Наиболее устойчивым к поражению болезнью оказался сорт Импульс (18,5 %).

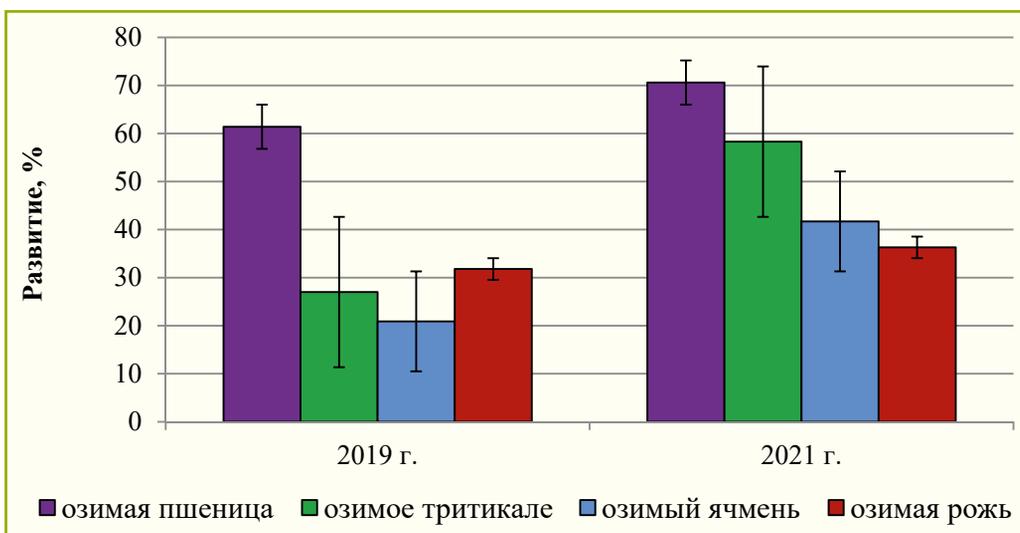
Среди сортов озимой ржи в большей степени поражаются болезнью сорта Вердена, Голубка, гибриды Пикассо и КВС Боно. В целом не отмечено существенной разницы между поражаемостью сортов и гибридов озимой ржи снежной плесенью.

В посевах озимого ячменя развитие снежной плесени на сорте Изоцел достигало 42,0 %, гибель культуры составила 15,3 %.

Таким образом, установлено, что все обследованные сорта озимых зерновых культур поражаются снежной плесенью. Устойчивых к болезни сортов в годы исследований не выявлено.

Закключение

Проведенные исследования свидетельствуют о существенном влиянии абиотических факторов на развитие снежной плесени в посевах зерновых культур. Установлено, что степень развития болезни зависит от высоты снежного покрова и продолжительности его залегания.



Развитие снежной плесени в посевах озимых зерновых культур (РУП «Институт защиты растений», ст. 25)

В годы исследований (2019–2021 гг.) степень поражения растений в посевах озимой пшеницы достигала 87,4 % (сорт Августина), озимого тритикале – 68,6 % (сорт Динамо), гибель растений вследствие поражения болезнью – соответственно 51,5 и 25,6 %. На озимой ржи максимальная степень поражения отмечена в 2019 г. в посевах сорта Зазерская 3 – 47,8 %, гибель растений составила 7,4 %. В посевах озимого ячменя сорта Изоцел в период исследований развитие снежной плесени было умеренным и достигало 42,0 % с гибелью растений 15,3 %. Не поражаемых возбудителями снежной плесени сортов не выявлено.

Литература

1. Андреева, Е. И. Снежная плесень озимых зерновых (методы изучения и меры борьбы) / Е. И. Андреева, О. Ю. Молчанов. – М.: НИИТЭХИМ, 1987. – 45 с. – (Обзорная информация / НИИ техн.-хим. исслед.).
2. Буга, С. Ф. Химическая защита озимой ржи от комплекса заболеваний в период вегетации / С. Ф. Буга, И. И. Иодко, Л. А. Ушкевич // Сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений. – Минск, 1988. – Вып. 12.: Защита растений. – С. 106–112.
3. Гагкаева, Т. Ю. Разнообразие грибов рода *Microdochium*, выявленных на зерновых культурах в России / Т. Ю. Гагкаева, А. С. Ордина, О. П. Гаврилова // Микология и фитопатология. – 2020. – Т. 54, № 5. – С. 347–364.

Поражаемость сортов озимых зерновых культур снежной плесенью (РУП «Институт защиты растений», ст. 25, 2019 и 2021 г.)

Сорт	Развитие болезни, %		Гибель растений, %	
	min-max	среднее	min-max	среднее
<i>Озимая пшеница</i>				
Августина	59,5–87,4	73,5	6,0–51,5	28,8
Александр	63,8–71,6	67,7	6,4–7,8	7,1
Балитус	–	52,2	–	0,0
Богатка	61,5–63,6	62,3	0,7–4,7	2,7
Маркиза	–	57,7	–	0,5
Мроя	–	73,0	–	7,7
Нутка	–	53,4	–	0,0
Ода	69,4–72,4	70,9	4,6–13,9	9,3
Сейлор	55,5–63,4	59,5	1,1–5,5	3,3
Фигура	–	59,8	–	3,6
Элегия	61,5–70,3	65,9	2,2–8,1	5,2
Ядвися	–	73,4	–	7,3
<i>Озимое тритикале</i>				
Бальтико	–	24,5	–	0,0
Благо	–	37,1	–	3,4
Гренадо	31,6–66,4	49,0	0,0–31,4	15,7
Динамо	33,2–68,6	50,9	1,2–25,6	13,4
Импульс	–	18,5	–	0,0
Толедо	–	61,1	–	25,9
<i>Озимая рожь</i>				
Вердена	–	47,1	–	–
Голубка	–	42,6	–	0,0
Зазерская 3	28,4–47,8	38,1	0,0–7,4	3,7
Офелия	27,5–33,0	30,3	0,0–6,4	3,2
F ₁ Пикассо	37,0–43,5	40,3	3,2–4,3	3,8
F ₁ ЗУ Драйв	–	22,3	–	1,9
F ₁ ЗУ Мефисто	–	29,4	–	0,0
F ₁ ЗУ Незри	–	31,9	–	0,0
F ₁ ЗУ Форзетти	–	34,1	–	0,0
F ₁ КВС Боно	–	40,3	–	4,8
<i>Озимый ячмень</i>				
Изоцел	–	42,0	–	15,3
Тереза	20,9–41,3	31,1	1,2–11,7	6,5

Примечание – «–» – приведены однолетние данные.

4. Гончаренко, А. А. Иммунологическая и селекционная оценка озимой ржи на провокационных и инфекционных фонах / А. А. Гончаренко, С. И. Шадуро // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н. И. Вавилова. – 1990. – № 201. – С. 24–26.
5. Горьковенко, В. С. Вредоносность гриба *Microdochium nivale* в агроценозе озимой пшеницы / В. С. Горьковенко, Л. А. Обертюхина, Е. А. Куркина // Защита и карантин растений. – 2009. – № 1. – С. 34–36.
6. Жуковский, А. Г. Вредоносность снежной плесени в посевах озимого тритикале и эффективность протравителей в ограничении развития болезни / А. Г. Жуковский // Проблемы защиты растений в условиях современного сельскохозяйственного производства, Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.: Материалы научной конференции / РАСХН ВИЗР, Инновационный центр защиты растений. – СПб, 2009. – С. 58–60.
7. Распространенность и развитие снежной плесени в посевах озимых зерновых культур в Беларуси / А. Г. Жуковский [и др.] // Защита растений. – 2018. – Вып. 42. – С. 96–102.
8. Фитопатологическая ситуация в посевах зерновых культур на территории Республики Беларусь / А. Г. Жуковский [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 2 (111). – С. 9–12.
9. Левитин, М. М. Защита растений от болезней при глобальном потеплении / М. М. Левитин // Защита и карантин растений. – 2012. – № 8. – С. 16–17.
10. Марьина-Чермных, О. Г. Взаимосвязь агроклиматических условий на заболеваемость и устойчивость сортов посевов озимой пшеницы к снежной плесени / О. Г. Марьина-Чермных, Г. М. Хисматуллина // Вестник Марийского государственного университета. – 2015. – № 3. – С. 32–35.
11. Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период с 1989 по 2015 г. / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 88–101.
12. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений; ред. С. Ф. Буга. – Несвиж, 2007. – 511 с.
13. Сайнакова, А. Б. Оценка устойчивости сортообразцов озимой ржи к снежной плесени / А. Б. Сайнакова // Современное состояние и приоритетные направления развития генетики, эпигенетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: докл. и сообщ. XI Междунар. генетико-селект. шк.-семинара (пос. Краснообск, 9–13 апреля 2013 г.) / Рос. акад. с.-х. наук, Сиб. регион. отд.-ние, Сиб. науч.-исслед. ин-т растениеводства и селекции. – Новосибирск, 2013. – С. 226–230.
14. Трофимов, Ю. Б. Параметры вредоносности снежной плесени и устойчивость сортов озимой ржи к болезни / Ю. Б. Трофимов, Н. А. Боме // Вестник защиты растений. – 2006. – № 1. – С. 33–36.
15. Analysis of *Microdochium nivale* isolates from wheat in the UK during 1993 / D. W. Parry [et al.] // Ann. Appl. Biol. – 1995. – Vol. 126, № 3. – P. 449–455.
16. Evidence of *Microdochium* fungi associated with cereal grains in Russia / T. Yu. Gagkaeva [et al.] // Microorganisms. – 2020. – Vol. 8 (3). – P. 340.
17. Jonavičienė, A. *Microdochium nivale* and *M. majus* ascausative agents of seedling blight in spring cereals / A. Jonavičienė, S. Supronienė, R. Semaškienė // Zemdribyste-Agriculture. – 2016. – Vol. 103, № 4. – P. 363–368.
18. *Microdochium nivale* and *Microdochium majus* in seed samples of Danish small grain cereals / L. K. Nielsen [et al.] // Crop Protection. – 2013. – Vol. 43. – P. 192–200.
19. Low temperature disease caused by *Microdochium nivale*. In: Low temperature plant microbe interaction under snow / A. M. Tronsmo [et al.] // Chapter 5. Hokkaido National Agricultural Experiment Station, 2001. – P. 75–86.

УДК 631.332.635.21(075.8)

Природоохранные технологии интегрированного земледелия при возделывании картофеля: результативность научных изысканий

В. И. Клименко, доктор технических наук
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 27.05.2022)

В статье представлены результаты многолетних исследований и испытаний инновационных технологий интегрированного земледелия при возделывании картофеля, показаны преимущества способов подготовки почвы под «зелёное удобрение» – предшественник картофеля, основной обработки и культивации, мульчирования почвы, подготовки гряд, гребней и междурядных обработок. Определены возможности использования распылительных систем «Шквал» для обработки клубней семенного картофеля и внесения агрохимикатов способом опрыскивания.

Введение

Наиболее вероятной постиндустриальной направленностью развития земледелия является интегрированное земледелие, позволяющее уменьшить применение минеральных удобрений и пестицидов, снизить энерго- и трудозатраты, а также экологически опасные нагрузки на окружающую среду при получении высоких

The article presents the results of many years of research and testing of innovative technologies of integrated farming in the cultivation of potatoes, shows the advantages of soil preparation methods for "green fertilizer" – the precursor of potatoes, basic soil treatment and cultivation, soil mulching, preparation of seed beds, rows and inter-row treatments. The possibilities of using "Shkval" spray systems for treatment of seed potato tubers and the use of agrochemicals by spraying have been determined.

урожаев. Такое земледелие вобрало (интегрировало) в себя лучшие черты других систем использования земли и приобретает все больше сторонников в мировой науке и практике.

При выращивании сельскохозяйственных культур широко осваивают технологии интегрированного земледелия с рациональным использованием растительных остатков, разработанные за последние десятилетия учёными разных стран [2].