

Научная статья/Research Article

УДК 631.46:631.5:631.8:632.95

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-82-91

Наталья Николаевна Шулико^{1✉}, Ирина Анатольевна Корчагина², Ольга Федоровна Хамова³, Елена Васильевна Тукмачева⁴, Алина Андреевна Киселева⁵, Леонид Витальевич Юшкевич⁶, Денис Николаевич Ющенко⁷

1,2,3,4,5,6,7Омский аграрный научный центр, Омск

1,2,3,4,5,6,7shuliko@anc55.ru

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ ПОД ПОСЕВОМ ГОРОХА

Цель исследований – определить параметры биологической активности лугово-черноземной почвы и ее фитоиммунитет в зернопаровом севообороте при разных уровнях интенсификации обработки и применения средств химизации. Исследования проводили в многолетнем (заложен в 1973 г.) стационарном опыте в зернопаровом севообороте (пар – пшеница – горох – пшеница – ячмень) под культурой гороха в ФГБНУ «Омский аграрный научный центр». В отдельные периоды 2022 и 2023 гг. при благоприятном увлажнении почвы, наличии значительного количества растительных остатков в варианте с минимально-нулевой обработкой и применением средств комплексной химизации численность почвенных микромицетов и клубеньковых бактерий возрастала до 93,0 тыс. и 13,9 млн КОЕ/г соответственно. Суммарная численность почвенной микрофлоры пахотного слоя при различных системах обработки почвы под горохом без применения средств комплексной химизации составляла 51,4–61,2 млн КОЕ/г с разницей в 19,0 % в возрастающем ряду: No-till < отвальная < комбинированная. Применение минеральных удобрений в сочетании со средствами защиты растений на отвальной и комбинированной обработках не оказало существенного влияния на количество почвенной микрофлоры, отмечено некоторое снижение до 17,0 % в пределах ошибки опыта. В вариантах с No-till обработкой в сочетании со средствами интенсификации отмечена стимуляция роста численности микроорганизмов до 22,0 % по отношению к контролю. В среднем по фактору обработки почвы наибольшее развитие корневой гнили гороха наблюдалось в варианте No-till (3,8 %), незначительное снижение (3,2–3,6 %) – на отвальной и комбинированной обработках. Применение средств защиты растений по вегетации гороха позволило снизить развитие корневой гнили на 47,0 % относительно контроля в зависимости от способа обработки почвы. При комбинированной обработке отмечено наибольшее распространение заболевания корневой системы гороха (37,8 %), наименьшее – при No-till обработке (30,8 %). В лабораторных условиях методом влажной камеры был определен комплекс возбудителей корневой гнили, среди которых преобладали грибы рода *Fusarium* spp.

Ключевые слова: биологическая активность, микроорганизмы, корневые гнили, лугово-черноземная почва, обработка почвы, комплексная химизация, горох

Для цитирования: Влияние применения средств интенсификации на биологическую активность и фитосанитарное состояние почвы под посевом гороха / Н.Н. Шулико [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 7. С. 82–91. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-82-91.

Natalia Nikolaevna Shuliko^{1✉}, Irina Anatolyevna Korchagina², Olga Fedorovna Khamova³, Elena Vasilievna Tukmacheva⁴, Alina Andreevna Kiseleva⁵, Leonid Vitalyevich Yushkevich⁶, Denis Nikolaevich Yushchenko⁷

1,2,3,4,5,6,7Omsk Agricultural Research Center, Omsk

1,2,3,4,5,6,7shuliko@anc55.ru

INTENSIFICATION AGENTS USE EFFECT ON SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY AND PHYTOSANITARY STATE UNDER PEA SOWING

The aim of research is to determine the parameters of biological activity of meadow-chernozem soil and its phytoimmunity in grain-fallow crop rotation at different levels of cultivation intensification and the use of chemicals. The studies were carried out in a long-term (launched in 1973) stationary experiment in grain-fallow crop rotation (fallow – wheat – peas – wheat – barley) under pea crop in the Federal State Budgetary Scientific Institution Omsk Agrarian Scientific Center. In certain periods of 2022 and 2023, with favorable soil moisture, the presence of a significant amount of plant residues in the variant with minimum-zero tillage and the use of complex chemicals, the number of soil micromycetes and nodule bacteria increased to 93.0 thousand and 13.9 million CFU/g, respectively. The total number of soil microflora in the arable layer under different soil cultivation systems for peas without the use of complex chemicals was 51.4–61.2 million CFU/g with a difference of 19.0 % in the ascending series: No-till < moldboard < combined. The use of mineral fertilizers in combination with plant protection products in moldboard and combined tillage did not have a significant effect on the amount of soil microflora, a slight decrease to 17.0 % within the experimental error was noted. In the variants with No-till tillage in combination with intensification products, stimulation of the growth of the number of microorganisms to 22.0 % in relation to the control was noted. On average, according to the soil tillage factor, the greatest development of pea root rot was observed in the No-till variant (3.8 %), a slight decrease (3.2–3.6 %) – in moldboard and combined tillage. The use of plant protection products during the growing season of peas made it possible to reduce the development of root rot by 47.0 % relative to the control, depending on the soil tillage method. With combined treatment, the greatest prevalence of pea root system disease was noted (37.8 %), the least – with No-till treatment (30.8 %). In laboratory conditions, using the wet chamber method, a complex of root rot pathogens was determined, among which fungi of the genus *Fusarium* spp. prevailed.

Keywords: biological activity, microorganisms, root rot, meadow-chernozem soil, soil cultivation, complex chemicalization, peas

For citation: Intensification agents use effect on soil biological activity and phytosanitary state under pea sowing / N.N. Shuliko [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(7): 82–91 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-82-91.

Введение. В нашей стране горох – основная зерновая бобовая культура, в семенах содержится до 28 % белка. В расчете на 1 корм. ед. горох содержит более 150 г переваримого протеина, в то время как кукуруза, ячмень, овес – соответственно 59, 70 и 83 г (при зоотехнической норме 105–110 г). В СибНИИСХ исследования по технологии его возделывания проводились в 80-е гг. XX в. За прошедшее время появились новые сорта культуры, новые средства интенсификации и новые подходы к возделыванию гороха [1, 2].

Основной резерв повышения урожайности гороха в регионе с преобладающим экстенсивным земледелием – совершенствование зональной структуры использования пашни, рациональный выбор более продуктивных севооборотов, обработки почвы, средств химизации, качественных сортов [3].

В России и за рубежом проведено значительное количество исследований по влиянию средств интенсификации на биологическую ак-

тивность почв. Установлено, что внесение удобрений не только не угнетает, а, напротив, увеличивает численность агрономически важных физиологических групп почвенных микроорганизмов – аммонифицирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих бактерий и целлюлозоразрушающих микроорганизмов [4].

Корневые гнили распространены практически во всех регионах Российской Федерации. Заболевание может появляться на растениях в течение всей вегетации: в фазе всходов в виде поражения зародышевых корней и проростков семян (загнивание), на молодых и взрослых растениях. Потери урожая от данного вида инфекции могут составлять 30–50 % и более. Показатель вредоносности корневых гнилей – до 25 % [5].

Установление закономерностей изменения биологической активности и фитоиммунитета лугово-черноземной почвы при применении энергосберегающих обработок в интенсивном земледелии – необходимая предпосылка опти-

мизации ее экологического состояния, обоснования рациональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Цель исследований – определить параметры биологической активности лугово-черноземной почвы и ее фитоиммунитет в зернопаровом севообороте при разных уровнях интенсификации обработки и применения средств химизации.

Объекты и методы. Исследования проводили в длительном стационарном опыте в зернопаровом севообороте (пар – пшеница – горох – пшеница – ячмень) лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий Омского АНЦ в течение 2022–2023 гг.

Опыт включал 12 вариантов агротехнологий: четыре варианта средств интенсификации и три системы обработки почвы. Варианты интенсификации – фактор А: контроль (экстенсивная), гербициды («Гермес» 0,9 л/га), гербициды + инсектициды («Гермес» 0,9 л/га + «Эсперо» 0,2 л/га); гербициды + удобрения + инсектициды («Гермес» 0,9 л/га + «Эсперо» 0,2 л/га + N₁₂P₅₂). Системы обработки почвы, фактор В: отвальная на глубину 20–22 см ежегодно; комбинированная – вспашка в паровом поле и под третью пшеницу после пара, плоскорезная на глубину 10–14 см под вторую пшеницу после пара и ячмень; No-till – в паровом поле культивация на глубину до 8–10 см, в остальных полях без обработки.

Высевали сорт гороха с усатым типом листа Триумф Сибири зернофуражного направления. По содержанию белка в зерне он соответствует требованиям Госкомиссии, предъявляемым к ценным сортам [6].

Почва опытного участка – лугово-черноземная среднемощная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса до 7 %. Сумма обменных катионов составляет 32,1 мг-экв/100 г почвы, заметно уменьшаясь вниз по профилю. В составе катионов преобладает кальций (88,7 %), магния 10,6 % от общей емкости поглощения, натрия практически нет (до 1 мг-экв/100 г), показатель рНвод – 6,8 [7].

Микробиологический посев осуществляли глубинным способом на твердых питательных средах: МПА (мясо-пептонный агар) – для сапротрофных бактерий, разлагающих органические азотсодержащие соединения; КАА (крахмало-аммиачный агар) – для микроорганизмов, потребляющих минеральные формы азота (NH₃), среда Чапека с молочной кислотой – для

микромикетов, гороховый агар – для клубеньковых бактерий [8]. Пораженность гороха корневыми гнилями определяли в фазы – цветение, созревание и полная спелость. Поражаемость корней гнилью определяли согласно шкале В.А. Чулкиной [9].

Вегетационный период 2022 г. характеризовался как засушливый, ГТК за май – август – 0,81. Июнь был недостаточно увлажненным (ГТК = 0,98) с резкими перепадами дневных и ночных температур в третьей декаде месяца, поздними заморозками (24 июня). Наиболее значительные ливневые осадки выпали в конце июля, 28 и 29 июля, составляя 66 и 24 мм, в сумме за месяц выпало 116 мм, или 178,6 % от нормы. Август был засушливым, существенные осадки выпали 7 августа – 6 мм, 14 августа – 8 мм, 19 августа – 9 мм. В целом их недобор составил 78,2 % нормы при ГТК = 0,23.

Вегетационный период 2023 г. был недостаточно увлажненным, ГТК за май–август – 0,80. Май характеризовался значительными перепадами ночной и дневной температур воздуха от минус 7,3 до 28,9 °С, в среднем за месяц выше нормы на 1,9 °С. Осадков в сумме выпало на 4 мм меньше многолетних значений, или 86 % от нормы (ГТК = 0,66). Среднесуточная температура июня была на уровне нормы, следует отметить значительные снижения температуры воздуха в ночное время до 2,3 °С. Выпавшие осадки за сутки составляли от 0,6 до 3,7 мм, наиболее значительные – 19 и 7 мм соответственно 27 и 28 июня, в среднем их недобор составил 10 мм, или 79 % от нормы (ГТК = 0,76). Июль в среднем был теплее на 3,2 °С в сравнении со среднемноголетними значениями (ГТК = 0,93). Температура воздуха в августе была на уровне нормы – 17 °С. Осадков выпало 46 мм, что ниже на 10 мм средних показателей (ГТК = 0,83).

Результаты и их обсуждение. В условиях 2022 г. в лугово-черноземной почве под посевом гороха наиболее высокое количество сапротрофных бактерий, амилитических микроорганизмов, в т. ч. актиномицетов, клубеньковых бактерий, а также микромикетов в среднем за вегетацию было на фоне с минимально-нулевой обработкой и применением средств химизации, где сосредоточено наибольшее по сравнению с другими агротехнологиями количество стерневых остатков зерновых культур и соломы (табл. 1).

Предыдущими исследованиями установлено, что несмотря на отсутствие обработки плотность почвы остается практически на уровне оптимальной. Водный режим при минимальных почвозащитных обработках на черноземах зоны в севооборотах зернового направления складывается благоприятнее, чем при вспашке [10].

В среднем за период вегетации, по нашим данным, влажность почвы при отвальной обработке составляла 15,5 %; комбинированной – 16,5; минимально-нулевой – 16,2 %. При применении комплексной химизации коэффициент водопотребления культурами снижается, особенно при минимизации обработки почвы [11, 12].

Таблица 1

Количество микрофлоры лугово-черноземной почвы под посевом гороха в зависимости от приема обработки почвы и применения средств химизации, КОЕ/г (n = 3) (2022 г.)

Вариант	Отвальная				Комбинированная				Минимально-нулевая			
	Контроль*	Гербициды	Гербициды + инсектициды	Гербициды + инсектициды + удобрения	Контроль	Гербициды	Гербициды + инсектициды	Гербициды + инсектициды + удобрения	Контроль	Гербициды	Гербициды + инсектициды	Гербициды + инсектициды + удобрения
Сапротрофные бактерии на МПА, млн	28,8	22,1	26,8	22,3	31,8	23,8	23,2	26,8	20,5	32,4	25,2	27,8
HCP _{05A} ** = 5,4; HCP _{05B} = 6,2; HCP _{05AB} = 10,7												
Амилолитические микроорганизмы на КАА, млн	26,2	16,3	23,1	18,9	26,9	14,9	19,5	16,9	18,2	32,0	19,3	28,4
HCP _{05A} = 4,9; HCP _{05B} = 5,7; HCP _{05AB} = 9,8												
Клубеньковые бактерии, млн	8,9	10,0	8,1	6,6	8,0	10,0	7,2	5,4	8,1	9,4	10,2	13,9
HCP _{05A} = 3,6; HCP _{05B} = 4,2; HCP _{05AB} = 7,2												
Микромицеты, тыс.	38,9	33,6	40,7	33,7	39,6	37,0	43,8	75,3	48,6	80,8	64,9	93,1
HCP _{05A} = 16,1; HCP _{05B} = 18,6; HCP _{05AB} = 32,3												
Общее количество, млн	63,6	48,4	58,1	47,9	66,6	48,7	50,0	49,2	46,8	73,9	54,8	70,1
HCP _{05A} = 10,3; HCP _{05B} = 11,9; HCP _{05AB} = 20,7												

Здесь и далее: *контроль – без применения средств химизации; **HCP_{05A} – обработка почвы, HCP_{05B} – средства химизации, HCP_{05AB} – для частных средних.

Видимо, эти факторы, а также улучшение минерального питания микроорганизмов при комплексной химизации способствовали стимуляции их роста при минимизации обработки. Под влиянием гербицидов возможно также увеличение численности почвенной микрофлоры, так как сами пестициды могут использоваться как источник питания для микробов. Кроме того, в почву поступает большое количество отмершей под влиянием гербицидов биомассы сорных растений [13].

Численность почвенных микромицетов при минимизации обработки была выше, чем при

вспашке и комбинированной обработке, как в контрольном варианте, так и при использовании средств химизации. Эта группа микроорганизмов разлагает целлюлозу, а наибольшее количество растительных остатков сосредоточено в поверхностных слоях почвы без осенней обработки. При применении пестицидов и удобрений увеличивается урожайность культуры, следовательно и масса растительных остатков. В этой связи численность почвенных микромицетов при применении No-till обработки почвы повышалась до 93 тыс КОЕ/г, доля влияния фактора обработки почвы была существенной, состав-

ля 71,0 %. Следует отметить при минимально-нулевой обработке и комплексном применении средств химизации более высокое количество клубеньковых бактерий в сравнении со вспашкой (10,2–13,9 млн КОЕ/г).

Судя по суммарному (условно) количеству определяемых микроорганизмов, наибольшей обсемененностью микроорганизмами выделился вариант с минимально-нулевой обработкой почвы (без осенней обработки) при комплексном применении средств химизации, составляя 70,1 млн КОЕ/г. Воздействие изучаемых факторов определяли при помощи статистической обработки данных. Наибольший вклад в развитие микроорганизмов в 2022 г. принадлежал взаимодействию изучаемых факторов (обработка почвы + средства химизации, АВ = 41,0 %). В этом же варианте была получена значительная урожайность культуры (3,08 т/га, в 2,5 раза выше контроля без удобрений).

В засушливых условиях 2023 г. наиболее высокое количество сапротрофных и амилотических микроорганизмов, а также клубеньковых бактерий в основные фазы развития культуры и в целом за период вегетации было в варианте комбинированной обработки с применением средств защиты растений и их сочетанием с минеральными удобрениями.

На численность сапротрофной и азотфиксирующей микрофлоры положительное воздействие оказало применение средств химизации на комбинированной обработке почвы, достигая максимальных значений 34,8 млн КОЕ/г (+ 21,0 % к контролю) и 12,1 млн КОЕ/г (+ 49,0 % к контролю) соответственно (табл. 2). Наибольшее влияние на численность тестируемых групп оказало применение средств химизации, доля влияния фактора составила 78,0 и 62,0 % соответственно.

Таблица 2

Численность микроорганизмов в лугово-черноземной почве в зависимости от приема обработки почвы и применения средств химизации, КОЕ/г (n = 3) (2023 г.)

Вариант	Отвальная				Комбинированная				Минимально-нулевая			
	*Контроль	Гербициды	Гербициды + инсектициды	Гербициды + инсектициды + удобрения	Контроль	Гербициды	Гербициды + инсектициды	Гербициды + инсектициды + удобрения	Контроль	Гербициды	Гербициды + инсектициды	Гербициды + инсектициды + удобрения
Сапротрофные бактерии на МПА, млн	22,3	24,0	22,6	29,6	28,8	34,9	31,1	34,8	29,1	28,3	27,0	28,3
	HCP ₀₅ A = 6,4; HCP ₀₅ B = 7,4; HCP ₀₅ AB = 12,8											
Амилолитические микроорганизмы на КАА, млн	13,0	12,7	10,6	14,7	18,8	20,2	15,3	18,2	18,3	16,5	18,4	14,4
	HCP ₀₅ A = 3,9; HCP ₀₅ B = 4,6; HCP ₀₅ AB = 7,9											
Клубеньковые бактерии, млн	7,7	6,0	7,6	7,7	8,1	7,6	12,9	12,1	8,5	7,0	6,1	8,2
	HCP ₀₅ A = 1,9; HCP ₀₅ B = 2,3; HCP ₀₅ AB = 3,9											
Микромицеты, тыс.	26,5	33,5	39,4	33,3	52,3	26,8	29,1	54,9	50,6	33,1	85,3	34,9
	F _ф < F ₀₅											
Общее количество, млн	43,0	42,7	40,9	52,1	55,7	62,7	59,2	65,2	56,0	51,8	51,7	50,9
	HCP ₀₅ A = 9,8; HCP ₀₅ B = 11,4; HCP ₀₅ AB = 19,7											

Микромицеты осуществляют объемную по масштабам и одну из важнейших экологических функций разложения органических соединений – от простых углеводов до сложных биополиме-

ров (целлюлозы, лигнина, хитина и т. д.). Активность их, как и в предшествующем 2022 г., увеличивалась в вариантах с минимальной обработкой почвы (No-till), численность варьировала от 33,1 до 85,3 тыс. КОЕ/г при уровне на отвальной обработке от 26,5 до 39,4 тыс. КОЕ/г.

На жизнедеятельность сапротрофной, амилитической и способной фиксировать азот атмосферы микрофлоры средства химизации существенного влияния не оказали, независимо от интенсивности обработки.

В среднем за период вегетации общая (условно) численность определяемой микрофлоры достигала максимальных значений при применении комбинированной системы обработки почвы (гербициды + инсектициды + удобрения – 65,2 млн КОЕ/г), увеличение по отношению к контролю составило 18,0 %. В этом же варианте получена достаточно высокая урожайность гороха – 2,89 т/га (при уровне на контроле 0,71 т/га).

На фоне отвальной обработки почвы и применения средств защиты растений с минеральными удобрениями отмечена стимуляция роста микрофлоры до 21,0 % относительно контроля. Применение минимально-нулевой обработки почвы приводило к снижению суммарного количества микроорганизмов под посевом гороха до 10,0 % в пределах ошибки определения.

В целом за годы исследований суммарная численность почвенной микрофлоры пахотного слоя при различных системах обработки почвы под горохом без применения средств комплексной химизации (удобрения, пестициды) составляла 51,4–61,2 млн КОЕ/г с разницей в 19,0 % в возрастающем ряду: No-till (прямой посев) < вспашка с оборотом пласта на глубину 20–22 см < комбинированная (под горохом плоскорезная на глубину 10–12 см) (табл. 3).

Некоторое снижение общей численности микроорганизмов в пахотном слое при минимизации обработки было обусловлено уменьшением количества аммонификаторов на МПА на 22 % (No-till), иммобилизующих минеральный азот на КАА на 25 % по отношению к комбинированной обработке почвы соответственно.

Применение удобрений в сочетании с пестицидами не оказало существенного влияния на количество определяемой почвенной микрофлоры при отвальной и комбинированной обработках в сравнении с контролем без химизации. Наблюдалось незначительное снижение общей численности микроорганизмов в вариантах с интенсификацией до 17,0 % в пределах ошибки определения.

Таблица 3

Численность почвенных микроорганизмов в зависимости от обработки почвы при применении комплексной химизации, КОЕ/г (2022–2023 гг.)

Вариант	Отвальная				Комбинированная				Минимально-нулевая			
	Контроль	Гербициды	Гербициды + инсектициды	Гербициды + инсектициды + удобрения	Контроль	Гербициды	Гербициды + инсектициды	Гербициды + инсектициды + удобрения	Контроль	Гербициды	Гербициды + инсектициды	Гербициды + инсектициды + удобрения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сапротрофные бактерии на МПА, млн	25,6	23,1	24,7	26,0	30,3	29,4	27,2	30,8	24,8	30,4	26,1	28,1
	HCP ₀₅ A = 4,7; HCP ₀₅ B = 5,4; HCP ₀₅ AB = 9,4											
Амилитические микроорганизмы на КАА, млн	19,6	14,5	16,9	16,8	22,9	17,6	17,4	17,6	18,3	24,3	18,9	21,4
	HCP ₀₅ A = 5,3; HCP ₀₅ B = 6,1; HCP ₀₅ AB = 10,6											

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Клубеньковые бактерии, млн	8,3	8,0	7,9	7,2	8,1	8,8	10,1	8,8	8,3	8,2	8,2	11,1
	НСП ₀₅ A = 2,9; НСП ₀₅ B = 3,4; НСП ₀₅ AB = 5,8											
Микромицеты, тыс.	32,7	33,6	40,1	33,5	46,0	31,9	36,5	65,1	49,6	57,0	75,1	64,0
	НСП ₀₅ A = 17,7; НСП ₀₅ B = 20,5; НСП ₀₅ AB = 35,5											
Общее кол-во, млн	53,3	45,6	49,5	50,0	61,2	55,7	54,6	57,2	51,4	62,9	53,3	60,5
	НСП ₀₅ A = 11,0; НСП ₀₅ B = 12,7; НСП ₀₅ AB = 22,0											

Использование гербицидов и средств комплексной химизации стимулировало рост численности микрофлоры в вариантах с No-till обработкой на 22 и 18 % по отношению к контролю соответственно. Применение гербицидов и внесение удобрений в сочетании со средствами защиты растений, сужая соотношение С : N в вариантах с минимизацией обработки, способствовало росту численности сапротрофных микроорганизмов в пахотном слое почвы на 21 и 13,0 %, амилитической микрофлоры – на 33,0 и 17,0 % в сравнении с контролем. Наибольшее воздействие на численность тестируемых групп оказало применение средств химизации, доля влияния фактора составила 77,0 и 56,0 % соответственно.

Следует отметить стимулирующее влияние применения средств комплексной химизации на активность бактерий, способных фиксировать

атмосферный азот, увеличение их количества по отношению к контролю составило 34,0 % при No-till обработке почвы.

Таким образом, при минимизации обработки почвы (No-till) в сочетании с химизацией отмечается тенденция увеличения численности определяемых групп микроорганизмов по отношению к вспашке, что может быть связано с наличием большего количества растительных остатков – субстрата для развития микрофлоры.

В исследованиях по влиянию изучаемых агроприемов на фитоиммунитет растений установлено, что помимо листовых болезней на горохе проявлялась корневая гниль. При визуальной оценке корневой системы культуры выявлены побуревшие пятна и полоски, которые встречались в единичном либо массовом скоплении. Кольцевых перетяжек не отмечено (табл. 4).

Таблица 4

Степень поражения растений гороха сорта Триумф Сибири корневой гнилью в южной лесостепи Омской области (2022–2023 гг.)

Вариант	Развитие, %	Распространение, %
1	2	3
Отвальная		
Контроль	4,3	31
Гербициды	2,5	33
Гербициды + инсектициды	2,3	31
Гербициды + удобрения + инсектициды	3,6	37
Среднее по отвальной обработке почвы	3,2	33
Комбинированная		
Контроль	3,3	36
Гербициды	3,2	32
Гербициды + инсектициды	2,8	41
Гербициды + удобрения + инсектициды	4,9	42
Среднее по комбинированной обработке почвы	3,6	38
No-till		
Контроль	4,2	29
Гербициды	3,5	26
Гербициды + инсектициды	3,2	37
Гербициды + удобрения + инсектициды	4,2	31

1	2	3
Среднее по No-till обработке почвы	3,8	31
Среднее по опыту	3,5	34
НСП ₀₅ A	2,1	1,2
НСП ₀₅ B	1,3	0,7
НСП ₀₅ AB	0,9	1,3

Наибольшее развитие болезни отмечено на варианте No-till (3,8 %), незначительное снижение (3,2–3,6 %) – на отвальной и комбинированной обработках почвы. Применение средств защиты растений по вегетации гороха позволило снизить развитие корневой гнили при отвальной обработке почвы на 47 и 42 % относительно контроля (варианты гербициды + инсектициды, гербициды).

При комбинированной обработке почвы и прямом посеве (No-till) наибольшее снижение развития корневой гнили наблюдалось в варианте гербициды + инсектициды – на 16,0 и 24,0 % соответственно относительно контроля. Дисперсионный анализ позволил установить роль обработки почвы, применяемых средств интенсификации и погодных условий периода исследований. В течение 2022 и 2023 гг. доля влияния обработки почвы на развитие корневой гнили составила 16,0 %; химизация – 58,0 и условия года – 26,0 %.

Распространение корневой гнили гороха было различным как по обработкам почвы, так и по вариантам применяемых средств интенсификации. Комбинированная обработка почвы способствовала наибольшему распространению заболевания корневой системы гороха (37,8 %), No-till – наименьшему (30,8 %). Опрыскивание растений в течение вегетации позволило снизить распространение болезни на варианте гербициды (26,0–32,0 %) независимо от обработки. Математический анализ результатов исследований по распространению корневой гнили гороха показал, что обработка почвы внесла наибольший вклад в ее развитие – 45,0 %, химизация – 30,0 и метеоусловия лет исследований – 25,0 %.

В лабораторных условиях методом влажной камеры был определен комплекс возбудителей корневой гнили, среди которых преобладали грибы *Fusarium spp.*, что подтверждает причину увядания растений гороха. А.А. Постовалов (2018) отмечает, что среди болезней зернобобовых культур корневая гниль является наиболее распространенным и вредоносным заболе-

ванием. По экологической классификации болезнь относится к группе почвенных инфекций. Симптомы болезни могут проявляться на всех фазах развития растения. Возбудителями болезни являются широко распространенные в почве виды рода *Fusarium*: *F. culmorum*, *F. heterosporum*, *F. oxysporum*, *F. solani*. Система защитных мероприятий от корневых инфекций должна базироваться на подавлении развития и снижении численности популяций возбудителей в почве за счет увеличения ее супрессивности. Важным приемом, улучшающим фитосанитарное состояние и повышающим супрессивность почвы, является применение минеральных удобрений [12].

В 2022–2023 гг. для роста и развития растений складывались стрессовые условия: сочетание высокой температуры воздуха с дефицитом осадков. В период вегетации растений были отмечены симптомы заболевания гороха фузариозной корневой гнилью (пожелтение нижних листьев), в дальнейшем растение отстает в росте, что способствует получению наименьшего количества зерна с культуры. У преобладающего количества растений болезнь развивалась по типу трахеомикозного увядания.

Заключение. Изучение микробного ценоза лугово-черноземной почвы показало, что при применении средств комплексной химизации в сочетании с No-till обработкой почвы увеличивалась активность бактерий, способных фиксировать атмосферный азот, на 34 %, сапротрофных и амилитических микроорганизмов – на 13 и 17 % по отношению к контролю соответственно.

Общая численность почвенной микрофлоры пахотного слоя при различных системах обработки почвы под горохом без применения средств комплексной химизации составляла 51,4–61,2 млн КОЕ/г с разницей в 19 %. Использование гербицидов и средств комплексной химизации стимулировало рост общей численности микрофлоры в вариантах с No-till обработкой на 22 и 18 % по отношению к контролю соответственно.

В течение вегетации растений были отмечены симптомы заболевания гороха фузариозной корневой гнилью, в большинстве случаев болезнь развивалась по типу трахеомикозного увядания. Применение средств защиты растений снижало развитие корневой гнили при No-till обработке почвы до 47 % относительно контрольного варианта.

Список источников

1. *Зотиков В.И.* Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 12–19. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179.
2. Новый сорт гороха посевного Триумф Сибири / *Л.В. Омелянюк* [и др.] // Аграрная Россия. 2021. № 12. С. 15–20. DOI: 10.30906/1999-5636-2021-12-15-20.
3. *Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Хасеинов Т.М.* Ячмень яровой в орошаемых агроценозах лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2016. № 3. С. 35–37.
4. *Минеев В.Г., Ремпе Е.Х.* Агрехимия, биология и экология почвы. М.: Росагропромиздат, 1990. 206 с.
5. *Градобоева Т.П.* Корневые гнили гороха в условиях Кировской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 3 (31). С. 51–58. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11114.
6. Результаты оценки качества зерна линий гороха конкурсного сортоиспытания в ФГБНУ «Омский АНЦ» / *Л.В. Омелянюк* [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2 (30). С. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085.
7. *Мищенко Л.Н.* Почвы Омской области и их сельскохозяйственное использование. Омск: ОмСХИ, 1991. 105 с.
8. *Теппер Е.З., Шильникова В.К.* Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов / под ред. *В.К. Шильниковой*. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
9. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: учеб.-практ. пособие / *В.А. Чулкина* [и др.]; под ред. *Е.Ю. Тороповой*. Барнаул: АИПКРС АПК, 2017. 210 с.
10. *Макаров А.Р., Черепанов М.Е., Юшкевич Л.В.* Ресурсы почвенной влаги в засушливом

- земледелии Западной Сибири. М.: Росагропромиздат, 1992. 146 с.
11. Совершенствование технологии возделывания ячменя в Лесостепи Западной Сибири / *Л.В. Юшкевич* [и др.] // Земледелие. 2013. № 2. С. 26–28.
 12. *Холмов В.Г., Юшкевич Л.В.* Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири: монография / СибНИИСХ, Омский гос. аграр. ун-т. Омск, 2006. 95 с.
 13. Биологические основы плодородия почв / *О.А. Берестецкий* [и др.]. М.: Колос, 1984. 287 с.
 14. *Постовалов А.А.* Влияние минеральных удобрений на фитосанитарное состояние ризосферы гороха // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 1 (25). С. 45–47.

References

1. *Zotikov V.I.* Otechestvennaya selekciya zernobobovyh i krupyanyh kul'tur // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2020. № 3 (35). S. 12–19. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179.
2. Novyj sort goroha posevnogo Triumf Sibiri / *L.V. Omel'yanyuk* [i dr.] // Agrarnaya Rossiya. 2021. № 12. S. 15–20. DOI: 10.30906/1999-5636-2021-12-15-20.
3. *Bojko V.S., Timohin A.Yu., Haseinov T.M.* Yachmen' yarovoj v oroshaemyh agrocenozah lesostepi Zapadnoj Sibiri // Zemledelie. 2016. № 3. S. 35–37.
4. *Mineev V.G., Rempе E.H.* Agrohimiya, biologiya i `ekologiya pochvy. M.: Rosagropromizdat, 1990. 206 s.
5. *Gradoboeva T.P.* Kornevye gnili goroha v usloviyah Kirovskoj oblasti // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 3 (31). S. 51–58. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11114.
6. Rezul'taty ocenki kachestva zerna linij goroha konkursnogo sortoispytaniya v FGBNU «Omskij ANC» / *L.V. Omel'yanyuk* [i dr.] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2 (30). S. 36–42. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11085.
7. *Mischenko L.N.* Pochvy Omskoj oblasti i ih sel'skohozyajstvennoe ispol'zovanie. Omsk: OmSHI, 1991. 105 s.
8. *Tepper E.Z., Shil'nikova V.K.* Praktikum po mikrobiologii: ucheb. posobie dlya vuzov / pod red. *V.K. Shil'nikovoj*. M.: Drofa, 2004. 256 s.

9. Фитосанитарная диагностика агро-экосистем: учеб.-практ. пособие / V.A. Chulkina [i dr.]; pod red. E.Yu. Toropovoj. Barnaul: AIPKRS APK, 2017. 210 s.
10. Makarov A.R., Cherepanov M.E., Yushkevich L.V. Resursy pochvennoj vlagi v zasushlivom zemledelii Zapadnoj Sibiri. M.: Rosagropromizdat, 1992. 146 s.
11. Sovershenstvovanie tehnologii vzdelyvaniya yachmenya v Lesostepi Zapadnoj Sibiri / L.V. Yushkevich [i dr.] // Zemledelie. 2013. № 2. S. 26–28.
12. Holmov V.G., Yushkevich L.V. Intensifikatsiya i resursosberezhenie v zemledelii lesostepi Zapadnoj Sibiri: monografiya / SibNIISH, Omskij gos. agrar. un-t. Omsk, 2006. 95 s.
13. Biologicheskie osnovy plodorodiya pochv / O.A. Beresteckij [i dr.]. M.: Kolos, 1984. 287 s.
14. Postovalov A.A. Vliyanie mineral'nyh udobrenij na fitosanitarnoe sostoyanie rizosfery goroha // Vestnik Kurganskoj GSHA. 2018. № 1 (25). S. 45–47.

Статья принята к публикации 17.06.2024 / The article accepted for publication 17.06.2024.

Информация об авторах:

Наталья Николаевна Шулико¹, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

Ирина Анатольевна Корчагина², старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

Ольга Федоровна Хамова³, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат биологических наук, доцент

Елена Васильевна Тукмачева⁴, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат биологических наук

Алина Андреевна Киселева⁵, младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, аспирант второго курса

Леонид Витальевич Юшкевич⁶, главный научный сотрудник лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Денис Николаевич Ющенко⁷, старший научный сотрудник лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий

Information about the authors:

Natalia Nikolaevna Shuliko¹, Senior Researcher, Head of the Microbiology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

Irina Anatolyevna Korchagina², Senior Researcher at the Microbiology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

Olga Fedorovna Khamova³, Leading Researcher at the Microbiology Laboratory, Candidate of Biological Sciences, Docent

Elena Vasilievna Tukmacheva⁴, Senior Researcher, Microbiology Laboratory, Candidate of Biological Sciences

Alina Andreevna Kiseleva⁵, Junior Researcher at the Microbiology Laboratory, second-year Postgraduate student

Leonid Vitalyevich Yushkevich⁶, Chief Researcher of the Laboratory of Resource-Saving Agricultural Technologies, Doctor of Agricultural Sciences, Docent

Denis Nikolaevich Yushchenko⁷, Senior Researcher, Laboratory of Resource-Saving Agricultural Technologies

