



Воздействие влажности, температуры и биологической активности почвы на урожайность гороха в засушливых условиях Оренбуржья

Д. В. Митрофанов , кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела «Земледелия и ресурсосберегающих технологий»

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук
460000, г. Оренбург, улица 9 Января, 29;  dvm.80@mail.ru

Резюме. Представлены результаты исследования гороха в системе севооборотов на чернозёмах южных Оренбургского Приуралья. Полевые опыты гороха проведены с 2002 по 2022 гг. в Оренбургской области. Цель исследования – сравнительная оценка выпавших осадков, продуктивной влаги, температуры, целлюлозолитической активности почвы и выявление их взаимосвязи с урожайностью зерна. Объекты эксперимента – почва и посевы гороха. Исследования проведены общепринятыми методами: полевой, термостатно-весовой, аппликационно-весовой, дисперсионный и регрессионный анализы. Схема опыта с четырёхкратной повторностью включает пять вариантов посева гороха в севооборотах с длинной и короткой ротацией. Расчётами установлены усредненные данные: осадки (май-август) – 21,8...34, мм; продуктивная влага в посев – 37,8...41,5 мм, в уборку – 8,1...12,0 мм; расход влаги – 103,6...106,5 мм; температура почвы – 21,1...23,3 °С; микробная активность – 13,7...18,4 %, выход зерна – 0,60...0,86 т/га. В результате статистической обработки данных выявлено во всех вариантах опыта положительное воздействие температуры на целлюлозолитическую активность почвы, доля влияния составляет от 75,02 до 86,68 % при уровне достоверности <0,01. Наилучшее влияние факторов отмечено в третьем варианте опыта. Повышение урожайности гороха в почвозащитном севообороте до 0,86 т/га происходит в зависимости от действия предшественника (мягкая пшеница), расхода продуктивной влаги с учётом выпавших осадков, температуры и целлюлозоразлагающей активности почвы. Влияние биологической активности и температуры почвы составляет 60,80 и 42,85 %. В зерновом севообороте с твёрдой пшеницей наблюдается понижение выхода зерна гороха до 0,60 т/га. В связи с этим, положительное воздействие осадков июня и расхода продуктивной влаги за период вегетации на урожайность составляет 28,68 и 26,04 %. В засушливых условиях необходимо возделывать горох после мягкой пшеницы в шестипольном севообороте с почвозащитным паром.


Ключевые слова: горох, осадки, температура почвы, продуктивная влага, целлюлозолитическая активность почвы, выход зерна, уровень достоверности регрессии.

Для цитирования: Митрофанов Д. В. Воздействие влажности, температуры и биологической активности почвы на урожайность гороха в засушливых условиях Оренбуржья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1 (65). С. 31-38. doi:10.18286/1816-4501-2024-1- 31-38

The impact of humidity, temperature and biological activity of soil on pea yield in arid conditions of Orenburg region

D. V. Mitrofanov 

Federal Scientific Center of Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences

460000, Orenburg, 9 January street, 29;  dvm.80@mail.ru

Abstract. The results of the study of peas in a crop rotation system on the black soil of the southern Orenburg Urals are presented. Field experiments with pea were carried out in Orenburg region from 2002 to 2022. The purpose of the study is a comparative assessment of precipitation, productive moisture, temperature, cellulolytic activity of the soil and identification of their relationship with grain yield. The objects of the experiment are soil and pea crops. The research was carried out using generally accepted methods: field, thermostat-weight, application-weight, variance and regression analysis. The experiment scheme with four repetitions includes five variants of pea in crop rotations with long and short rotation. Calculations established the average data: precipitation (May-August) – 21.8...34.1 mm; productive moisture for sowing – 37.8...41.5 mm, during harvesting – 8.1...12.0 mm; moisture consumption – 103.6...106.5 mm; soil temperature – 21.1...23.3 °C; microbial activity - 13.7...18.4%, grain yield - 0.60...0.86 t/ha. As a result of statistical data processing, a positive effect of temperature on cellulolytic activity of soil was revealed in all experimental variants, and the share of influence ranged from 75.02 to 86.68% with a significance level of <0.01. The best influence of factors was noted in the third variants of the experiment. A pea yield increase in soil-protective crop rotation to 0.86 t/ha occurs depending on the forecrop (soft wheat), the consumption of productive moisture, taking into account precipitation, temperature and cellulose-decomposing activity of the soil. The influence of biological activity and soil temperature is 60.80 and 42.85%. In grain crop rotation with hard wheat, a decrease of pea grain yield to 0.60 t/ha is observed. In this regard, the

positive impact of June precipitation and productive moisture consumption during the growing season on yield is 28.68 and 26.04%. In arid conditions, it is necessary to cultivate peas after soft wheat in a six-field crop rotation with fallow.

Keywords: peas, precipitation, soil temperature, productive moisture, cellulolytic activity of the soil, grain yield, regression confidence level.

For citation: Mitrofanov D. V. The impact of humidity, temperature and biological activity of soil on pea yield in arid conditions of Orenburg region // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;1(65): 31-38 doi:10.18286/1816-4501-2024-1-31-38

Исследования выполнены в рамках научно-исследовательской работы ФНЦ БСТ РАН, проект № FNWZ-2022-0014

Введение

В России горох – важная продовольственная и кормовая зернобобовая культура. Он обладает высокими питательными свойствами и хорошей урожайностью во многих регионах выращивания страны. В Оренбургской области посевные площади гороха с каждым годом увеличиваются из-за востребованности в питании человека и кормлении сельскохозяйственных животных. Посевы гороха по площади занимают последнее место среди зерновых культур.

В Оренбуржье посевная площадь (2010-2021 гг.) зернобобовых культур варьирует от 41,5 до 85,0 тыс. га. Валовой сбор гороха по области находится на определённом уровне от 6,8 до 10,9 тыс. т. Средняя урожайность зернобобовых культур за 2010-2021 гг. колеблется от 0,55 до 0,79 т/га. К 2022 г. валовой сбор гороха увеличивается до 16,36 тыс. т и урожайность до 1,60 т/га [1, 2]. В центральной зоне Оренбургской области урожайность зерна гороха в зернопаровых севооборотах зависит от выпавших осадков в июне и влажности в пахотном слое почвы. В результате доля влияния факторов на удобренном и неудобренном фонах питания составляет 50; 66 % осадков июня и 54; 44 % продуктивной влаги [3].

В условиях Оренбургского Предуралья отмечается значительное влияние элементов технологии на рост, развитие и структуру урожайности зерна гороха [4, 5]. В других погодных и почвенных условиях наблюдается наибольшее содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы по вспашке 167,2 мм, в результате получена урожайность гороха при технологии прямого посева 3,79 т/га. При применении биологизированной технологии возделывания гороха отмечена наибольшая биологическая активность почвы – 46,0 % [6, 7, 8]. Продуктивная влага снижается на 5...12 % в пахотном горизонте перед посевом гороха после интенсивных приёмов обработки почвы. В засушливых условиях наибольшая урожайность наблюдается после прямого посева гороха [9].

В зарубежных почвенно-климатических условиях повышение урожайности гороха объясняется лучшим распределением влаги в почве в течение всего вегетационного периода и его влиянием на рост биологической активности почвы. Условия и температура почвы складываются благоприятными для размножения микробной популяции. На

микробную жизнедеятельность влияет различный режим влажности. Более высокая биологическая активность почвы оказывает положительное влияние на урожайность гороха [10]. Достаточное содержание влаги в почве приводит к повышению урожайности зерна гороха. Ограниченный режим увлажнения или условия с дефицитом воды, как правило, ведут к снижению урожайности [11]. При высокой температуре почвы и дефиците влаги (засуха и истощение) происходит снижение урожайности биомассы гороха [12]. Тепловой стресс понижает урожайность зерна гороха на 40 %, при дневной температуре воздуха выше 32°C [13]. Многие авторы доказали, что наличие гороха в севообороте способствует увеличению микробной популяции в почве за счёт большего запаса азота в растительной биомассе. В настоящее время при чередовании гороха с пшеницей в севообороте происходит уменьшение численности микроорганизмов, но стабильно обогащается почва минеральным азотом [14]. Горох обогащает почву азотом за счёт симбиотической азотфиксации, что повышает плодородие почвы. Мобилизация плодородия происходит в результате возрастания биологической активности почвы [15]. Посевы гороха способны увеличивать численность почвенных бактерий, потребляющих органический азот по сравнению с зерновым предшественником и бессменным посевом [16]. Основная обработка почвы (вспашка) существенно воздействует на количество азота, фиксируемого горохом из атмосферы 17,7 %, что приводит к прибавке зерна на 28,9 кг/га [17]. Изучением влияния факторов внешней среды на урожайность зерна гороха занимаются многие зарубежные исследователи [18, 19, 20, 21].

Вопросы по влиянию влажности, температуры и биологической активности почвы на урожайность зерна гороха практически не изучены в засушливых условиях Оренбуржья. На основании этого положения проводятся исследования по выявлению воздействий изучаемых факторов на выход зерна гороха в севооборотах на чернозёмах южных Оренбургского Приуралья.

Цель исследования – выявить влияние выпавших осадков, продуктивной влаги, температуры и целлюлозолитической активности почвы на урожайность гороха для повышения зерновой продукции в шестипольных и двупольных севооборотах.

Материалы и методы

Научно-исследовательскую работу проводили с 2002 по 2022 г. на многолетнем экспериментальном поле бывшего ОПХ им. Куйбышева, возле с. Нежинка Оренбургского района, заложенном в 1990 году. Длительный опыт по севооборотам располагался на чернозёмах южных Оренбургского Приуралья по координатам (51°46'30.45"N, 55°18'23.57"E). Объектами исследования в работе являлись почва и посевы гороха в зернопаровых и зерновых севооборотах. Почва характеризовалась, как чернозём южный среднemosный малогумусный карбонатный тяжелосуглинистый. К основным показателям агрохимических свойств пахотного слоя (0...30 см) почвы относилось содержание гумуса – 3,2...4,0 %, общего азота – 0,20...0,31 % и фосфора – 0,14...0,22 %, нитратов – 87...181 мг, подвижного фосфора – 15...25 мг и обменного калия – 300...380 мг/кг почвы, pH почвенного раствора – 7,0...8,1, суммы поглощённых оснований – 391 мг/экв. и гидролитической кислотности – 15...23 мг/экв. на кг сухой почвы. Объёмная масса почвы увеличивалась в слое 0...100 см от 1140 до 1390 кг/м³. Показатели влагоёмкости, максимальной гигроскопичности почвы и влажности устойчивого завядания растений снижались в нижних горизонтах. Наименьшая полевая влагоёмкость в метровом слое почвы составила 297,5 мм и в полуметровом – 389,5 мм.

Содержание гумуса в почве определялось по методу И. В. Тюрина, нитратного азота – ионометрическим, подвижного фосфора – Мачигина, обменного калия – Масловой, pH почвенного раствора – потенциометрическим, сумма поглощённых оснований и гидролитической кислотности – Каппена, плотности (объёмная масса) – Н. А. Качинского, наименьшей полевой влагоёмкости – П. С. Коссовича.

В эксперименте применяли полевой метод исследования. В полевых условиях проводили опыты по методике Б. А. Доспехова. Сорт гороха высевали (Чишминский 95 с нормой 319 кг/га) в четвёртом поле во втором звене шестипольных многопольях и в двупольном севообороте с твёрдой пшеницей. Изучали посеы гороха в четырёх севооборотах с длинной и один с короткой ротацией: пар чёрный, озимая пшеница, твёрдая пшеница, горох, мягкая пшеница, ячмень; пары (чёрный, почвозащитный, сидеральный), твёрдая пшеница, мягкая пшеница, горох, мягкая пшеница, ячмень и горох, твёрдая пшеница.

Полевые опыты закладывали в четырёхкратной повторности на участке и двадцати однократной во времени. Горох выращивали по следующим вариантам схемы опыта: I – зернопаровой севооборот по предшественнику твёрдая пшеница (контроль); II – зернопаровой севооборот по предшественнику мягкая пшеница; III – почвозащитный севооборот (посев суданской травы в пару) по предшественнику мягкая

пшеница; IV – сидеральный севооборот (посев овса и гороха в пару) по предшественнику мягкая пшеница; V – зерновой севооборот по предшественнику твёрдая пшеница.

Исследования проводили по естественному (обычный) фону питания почвы. Размер делянки в шестипольных и двупольном севооборотах составил: ширина три целых шесть десятых и длина шестьдесят метра. Площадь делянки 216 м². Общая площадь посева гороха составила 4320 м² или 0,43 га. На опытных делянках не применяли удобрения и пестициды. В полевых опытах применялась агротехнология возделывания гороха в севооборотах с осенней вспашкой и агротехника по рекомендациям для изучаемой территории.

Выпавшие осадки за вегетационный период гороха отмечали при помощи полевого дождемера (осадкомер) на контрольной делянке стационарного опыта. Температуру почвы замеряли (термометр цифровой модификации Checktemp, HI 145) в фазах роста и развития гороха (всходы, стебление, созревание) под льняными полотнами «аппликации», установленными в слое почвы 0...20 см на делянках. В опыте для определения влажности почвы в слое 0...20 см отбирали образцы в период посева и уборки.

В лабораторных условиях рассчитывали содержание продуктивной влаги в почве на основании термостатно-весового метода С.А. Воробьева. Целлюлозолитическую активность почвы вычисляли с помощью аппликационно-весового метода Е.Н. Мишустина, И. С. Вострова и А. Н. Петровой (<https://www.chem21.info/info/1563168/>).

Результаты исследования математически обрабатывали с помощью дисперсионного и регрессионного анализа в программе «Statistica 12.0» («Stat Soft Inc.», г. Тусла, штат Оклахома, США). В связи с этим рассчитывали наименьшую существенную разность (НСР₀₅), коэффициент регрессии (b), Стьюдента (t), Фишера (f), корреляции (r), детерминации (r²), стандартная ошибка оценки (so), уровень достоверности регрессии (p) и доля влияния фактора (%).

Результаты

Наблюдения с 2002 по 2022 г. за полевым осадкомером в течение вегетационного периода гороха показывают, что в среднем наибольшее количество атмосферных осадков выпадает в мае и составляет 34,1 мм, что ниже нормы (41,0 мм) на 6,9 мм. Наименьшее количество осадков отмечается в августе 21,8 мм при среднемноголетней норме 34,0 мм, и дефицит составляет 12,2 мм. По остальным месяцам в июне и июле наблюдаются 32,8 и 30,8 мм выпавших осадков, что меньше среднемноголетних значений (39,0 и 41,0 мм) на 6,2 и 10,2 мм. За период вегетации (май-август) гороха сумма осадков составляет 119,5 мм или 77,1 % от нормы (155,0 мм). Недобор выпавших осадков за вегетационный период отмечается 35,5 мм, что приводит к засушливым условиям выращивания гороха.

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

В вариантах эксперимента наблюдается изменение показателей продуктивной влаги, температуры, целлюлозолитической активности в слое почвы 0...20 см и выхода зерна гороха в

севооборотах с различными предшественниками. Наименьшее содержание продуктивной влаги отмечается в пятом варианте полевого опыта и составляет в посев 37,8 и в уборку 8,1 мм (табл. 1).

Таблица 1. Показатели влажности, температуры, целлюлозолитической активности почвы и выхода зерна гороха в зависимости от варианта опыта, в слое 0...20 см (2002-2022 гг.)

Вариант опыта	Продуктивная влага, мм			Температура почвы за вегетацию гороха, °С	Микробная активность почвы, %	Выход зерна, т/га
	в посев	в уборку	расход с учётом осадков			
I (контроль)	41,5	11,9	105,5	22,0	15,7	0,71
II	39,6	11,9	103,6	22,3	16,6	0,78
III	39,6	9,0	106,5	23,3	18,4	0,86
IV	40,7	12,0	104,6	21,9	15,1	0,70
V	37,8	8,1	105,6	21,1	13,7	0,60
НСР ₀₅	1,7	2,4	1,4	1,0	2,2	0,12

Примечание. Количество выпавших осадков составляет в мае 34,1 (41,0), июне 32,8 (39,0), июле 30,8 (41,0), августе 21,8 (34,0) и за период вегетации гороха 119,5 при норме 155,0 мм

В результате расход влаги с учётом выпавших осадков за период вегетации гороха по предшественнику твёрдая пшеница в зерновом севообороте доходит до 105,6 мм. Наибольшее содержание продуктивной влаги наблюдается в первом варианте эксперимента (контроль) и составляет в посев 41,5 и в уборку 11,9 мм. В посевах гороха расход влаги за вегетационный период по предшественнику твёрдая пшеница в зернопаровом севообороте около 105,5 мм. По остальным вариантам (II, III, IV) посева гороха просматривается весенняя продуктивная влага от 39,6 до 40,7 мм и осенняя – 9,0...12,0 мм. Во втором варианте опыта зафиксирован минимальный 103,6 мм и в третьем – максимальный расход влаги с учётом выпавших осадков 106,5 мм.

В среднем за период вегетации гороха в третьем варианте эксперимента отмечена максимальная температура почвы 23,3 °С и в пятом – минимальная 21,1 °С. В других вариантах (I, II, IV) опыта температура почвы под посевами гороха в севооборотах находится в диапазоне от 21,9 до 22,3 °С.

Наибольшая целлюлозолитическая активность почвы наблюдается в третьем варианте посева гороха по предшественнику мягкая пшеница в

почвозащитном севообороте и составляет 18,4 %. Наименьшая микробная активность почвы под посевом гороха отмечена по предшественнику твёрдая пшеница в зерновом севообороте (V вариант опыта) и составляет 13,7 %. Целлюлозоразрушающая активность почвы под посевами гороха по предшественникам твёрдая и мягкая пшеница в севооборотах (I, II, IV вариант опыта) находится в пределах от 15,1 до 16,6 %. Самым урожайным посевом является горох по мягкой пшенице в почвозащитном севообороте (III вариант опыта), и выход зерна составляет 0,86 т/га. Минимальный выход зерна гороха наблюдается в пятом варианте посева гороха по твёрдой пшенице в зерновом севообороте и составляет 0,60 т/га. В остальных вариантах (I, II, IV) эксперимента получен практически равный выход зерна гороха – 0,70...0,78 т/га.

Из рассмотренных факторов выявлено, что по всем вариантам опыта положительное влияние на целлюлозолитическую активность почвы оказывает температура почвы. Наибольшая доля влияния наблюдается в третьем варианте опыта и составляет 86,68 % при уровне достоверности регрессии <0,01 (табл. 2).

Таблица 2. Влияние температуры почвы за период вегетации гороха на целлюлозолитическую активность в слое чернозёма 0...20 см (2002-2022 гг.)

Вариант опыта	Показатель регрессионного анализа коэффициент				стандартная ошибка оценки (s ₀)	Влияние температуры почвы, %
	регрессии (b)	Стьюдента (t) / Фишера (f)	корреляции (r)	детерминации (r ²)		
I	2,20	7,55/57,05	0,87	0,75	2,79	75,02
II	1,84	7,80/60,91	0,87	0,76	2,65	76,22
III	1,64	11,12/123,71	0,93	0,86	2,27	86,68
IV	2,33	8,83/77,91	0,89	0,80	2,47	80,39
V	3,19	7,57/57,31	0,87	0,75	2,28	75,10

Примечание. Здесь и далее: уровень достоверности регрессии <0,01

Таблица 3. Воздействие влажности, температуры и целлюлозолитической активности почвы на урожайность гороха в севооборотах (2002-2022 гг.)

Вариант опыта	Факторы	Показатель регрессионного анализа				so	Влияние фактора, %
		b	t/f	r	r ²		
III	Температура	0,10	3,77/14,25	0,65	0,42	0,42	42,85
	ЦАП*	0,07	5,43/29,47	0,78	0,60	0,35	60,80
V	Осадки июня	0,01	2,76/7,64	0,53	0,28	0,37	28,68
	Расход влаги	0,00	2,59/6,69	0,51	0,26	0,38	26,04

Примечание. *ЦАП - целлюлозолитическая активность почвы



Рис. Уровень урожайности гороха по мягкой пшенице в почвозащитном севообороте в зависимости от целлюлозоразлагающей активности микроорганизмов в слое почвы 0-20 см (2002-2022 гг.)

Коэффициенты регрессионного анализа составляют: b-1,64, t-11,12, f-123,71, r-0,93, r²-0,86 со стандартной ошибкой оценки 2,27. Наименьшая доля влияния отмечается в первом и пятом вариантах опыта, что составляет 75,02 и 75,10 %. Во втором и четвертом вариантах посева гороха воздействует температура почвы на 76,22 и 80,39 %. В вариантах (I, II, IV, V) опыта просматриваются положительные показатели коэффициентов от 0,75 до 77,91 и стандартной ошибки оценки регрессионного анализа – 2,28...2,79 %.

В третьем варианте опыта наблюдается наилучшее влияние целлюлозолитической активности и температуры почвы на урожайность зерна гороха. При этом максимальная доля влияния составляет 60,80 и 42,85 % с положительными показателями множественной регрессии (табл. 3).

В пятом варианте эксперимента отмечается воздействие выпавших осадков в июне и расхода продуктивной влаги на 28,68 и 26,04 %. В этих вариантах посева гороха зафиксирован диапазон показателей коэффициента регрессии от 0,003 до 0,10, Стьюдента – 2,59...5,43, Фишера – 6,69...29,47, корреляции – 0,51...0,78, детерминации – 0,26...0,60 и стандартной ошибки оценки – 0,35...0,42 т/га.

В результате статистической обработки данных выявлено, что повышение урожайности гороха по предшественнику мягкая пшеница в севообороте с почвозащитным паром в основном зависит от целлюлозолитической активности почвы (рис.).

Обсуждение

Изучение зависимости урожайности гороха в севооборотах от влажности, температуры и биологической активности почвы является своевременным и актуальным. Новизна в научно-исследовательской работе представляет собой выявление высокого положительного воздействия температуры почвы (75,02...86,68 % при r=0,87...0,93) на целлюлозоразлагающую активность микроорганизмов под посевами гороха в севооборотах в отличие от других исследований в России. Впервые установлено существенное влияние температуры и целлюлозолитической активности почвы на повышение урожайности гороха по мягкой пшенице в почвозащитном севообороте по сравнению с отечественными и зарубежными исследованиями. В среднем достигнута урожайность гороха в полевых опытах 0,86 т в отличие от Оренбургской области – 0,79 т и Краснодарского края – 3,79 т/га. В годы исследований снижение урожайности гороха в опытных севооборотах происходит в связи с частым проявлением засухи в периоде вегетации.

Полученные данные по выпавшим осадкам показывают их недобор в течение вегетационного периода (май-август), что приводит к засушливым условиям возделывания гороха в севооборотах. Такое положение объясняет невысокую урожайность зерна гороха (меньше 1,0 т/га) по предшественникам твердая и мягкая пшеница. В почвозащитном севообороте (III вариант опыта) наблюдается

повышение урожайности зерна гороха по мягкой пшенице (0,86 т/га) из-за расхода продуктивной влаги с учётом выпавших осадков, температуры и целлюлозолитической активности почвы. Наибольший расход влаги (106,5 мм) на рост и развития гороха ведёт к увеличению выхода зерна. При достаточной влажности и более оптимальной температуре почвы (23,3 °С) лучше проявляется целлюлозоразлагающая активность микроорганизмов до 18,4 %. Целлюлозолитическая активность почвы происходит с помощью различных микроорганизмов (бактерии, микроскопические грибы и актиномицеты). Бактерии относятся к семейству *Cytophagaceae* и роду *Sporocytophaga* (образующие микроцисты), *Cytophaga* (необразующие микроцисты). Грибы являются представители родов *Fusarium* и *Chaetomium*. Актиномицеты (*Actinobacteria*) относятся к порядку *Actinomycetales*, отделу *Firmicutes* и классу *Thallobacteria*. Даже небольшая целлюлозоразрушающая активность почвы способствует повышению урожайности зерна гороха благодаря своим биологическим особенностям (способность обогащать почву азотом). В зерновом севообороте (V вариант опыта) отмечается снижение урожайности зерна гороха по твёрдой пшенице до 0,60 т/га в результате понижения влажности, температуры и микробной активности почвы.

В результате однофакторного дисперсионного анализа по температуре, микробной активности почвы и урожайности зерна гороха установлена существенная разность (НСР₀₅) между третьим вариантом опыта и контролем. По остальным вариантам посева гороха наблюдается незначительная разность по сравнению с контролем. Повышение выхода зерна гороха в основном зависит от температуры и биологической активности почвенной микрофлоры.

По итогам статистической обработки результатов выявлена взаимосвязь влажности, температуры и биологической активности почвы с урожайностью зерна гороха. Результаты множественного регрессионного анализа показывают наилучшее воздействие целлюлозолитической активности почвы на урожайность зерна гороха в почвозащитном севообороте. Из рисунка видна прямо пропорциональная зависимость: чем лучше целлюлозоразлагающая активность микроорганизмов в почве, тем выше урожайность зерна гороха и наоборот. Графически представленная картина объясняется тем, что целлюлоза (клетчатка) пожнивно-корневых остатков мягкой пшеницы разлагается почвенными микроорганизмами быстрее за счёт оптимальной влажности и температуры почвы по сравнению с другими предшественниками севооборотов, что приводит к легкой доступности питательных веществ к корневой системе гороха. В связи с этим последствие почвозащитного пара в севообороте приводит к накоплению содержания органического вещества в почве за

счёт пожнивных и корневых остатков суданской травы, которое стимулирует выработку питательных веществ (минерализация гумуса), что повышает урожайность зерна гороха.

В целом совокупность влияния изучаемых факторов не приводит к повышению урожайности гороха, особенно в зерновом севообороте. Дальнейшее изучение урожайности гороха в засушливых условиях имеет большое научное значение в области земледелия и растениеводства.

Заключение

1. Наблюдения за количеством выпавших осадков вегетационного периода показывают недобор (35,5 мм) до среднемноголетней нормы (155,0 мм), что объясняет засушливые условия выращивания гороха в севообороте и пониженный выход зерна. Наилучшим предшественником гороха для благоприятного формирования урожайности зерна является мягкая пшеница в последствии почвозащитного пара.

2. Положительное действие на повышение урожайности гороха (0,86 т/га) в почвозащитном севообороте, кроме предшественника оказывают использованная продуктивная влага с учётом выпавших осадков (106,5 мм), температура и целлюлозоразрушающая активность почвы. В зерновом севообороте наблюдается снижение выхода зерна гороха по твёрдой пшенице (0,60 т/га) из-за наименьшей влажности, температуры и биологической активности почвы. В других севооборотах получена практически одинаковая урожайность гороха (0,70...0,78 т/га) в зависимости от изучаемых факторов.

3. Во всех вариантах опыта отмечается положительная зависимость целлюлозолитической активности от влияния температуры почвы. Особенно в третьем варианте посева гороха по мягкой пшенице в почвозащитном севообороте просматривается значительное воздействие температуры (23,3 °С) на микробную активность почвы (18,4 %) . доля влияния составляет 86,68 % при уровне достоверности регрессии <0,01.

4. В третьем варианте опыта наблюдается наилучшее влияние целлюлозоразлагающей активности (60,80 %) и температуры почвы (42,85 %) на увеличение урожайности гороха в почвозащитном севообороте. В пятом варианте посева гороха по твёрдой пшенице в зерновом севообороте отмечается положительная зависимость выхода зерна от влияния осадков июня 32,8 мм (28,68 %) и расхода продуктивной влаги 105,6 мм (26,04 %) за период вегетации.

5. В засушливых условиях Оренбургской области с целью повышения урожайности зерна гороха для сельскохозяйственного производства рекомендуется возделывать горох по мягкой пшенице в почвозащитном севообороте с длинной ротацией.

Литература

1. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2022: Статистический сборник. Оренбургстат. Оренбург. 2022. 482 с.
2. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2022 году (статистический бюллетень). Москва. 2022. Ч.1. 123 с.
3. Митрофанов Д. В. Влияние элементов погоды и запасов почвенной влаги на урожайность гороха в севооборотах на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 98-102.
4. Воскобулова Н. И. Влияние элементов технологии на рост и развитие растений гороха в условиях Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 98-100.
5. Воскобулова Н. И., Верещагина А. С., Ураскулов Р. Ш. Структура урожайности зерна гороха в зависимости от нормы высева в степной зоне Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 1. С. 164-172.
6. Полоус В. С., Осауленко С. Н. Влияние способов и приёмов основной обработки чернозёма обыкновенного на урожайность, качество и эффективность возделывания гороха // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 90. С. 78-85.
7. Куликова А. Х., Сайдяшева Г. В.. Влияние традиционной (интенсивной) и биологизированной технологий возделывания на симбиотическую активность и урожайность гороха // Земледелие. 2022. № 5. С. 20-23.
8. Кошеляев В. В., Кошеляев И. П. Симбиотическая деятельность у различных сортов гороха // Нива Поволжья. 2021. № 2 (59). С. 75-82. doi: 10.36461/NP.2021.59.2.012
9. Влияние приёмов основной обработки почвы на динамику запасов влаги и урожайность гороха посевного в условиях лесостепи Европейской части России / О. В. Букин, Д. В. Бочкарев, А. Н. Никольский и др. // Аграрная наука. 2020. № 6. С. 58-61.
10. Impact of moisture regimes on yield and soil microbial population in pea (*Pisum sativum*) / N. Singhal, M. Siag, P. Sharma et al. // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2022. No. 92 (5). P. 572-576.
11. Assessment of growth parameters and yield of pea (*Pisum sativum*) under different irrigation methods / N. Singhal, P. Sharma, R. Sharda et al. // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2021. No. 91 (9). P. 1378-1381.
12. Rahman M. N., Hangs R. D., Schoenau J. J. Influence of soil temperature and moisture on micronutrient supply, plant uptake, and biomass yield of wheat, pea, and canola // Journal of Plant Nutrition. 2020. No. 43 (6). P. 823-833.
13. Variability and assessment of interrelationships among yield and yield-related characters of pea accessions under the influence of high temperature / C. U. Zanetta, M. Y. Rafii, J. N. Jaafar et al. // New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 2023. No. 51 (3). P. 341-353.
14. Impacts of the winter pea crop (instead of rapeseed) on soil microbial communities, nitrogen balance and wheat yield / C. Rezgui, W. Riah-Anglet, M. Benoit et al. // Agriculture. 2020. № 10 (11). P. 548-569.
15. Дзугаева Л. А. Влияние культур и микроудобрения «БИОКЛАД» на динамику питательных веществ и биологическую активность почвы // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 6 (94). С. 861-865.
16. Торопова Е. Ю., Селюк М. П., Посажеников С. Н. Влияние культурных растений на сапротрофные микроорганизмы и супрессивность почвы // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 17-20.
17. The nitrogen fixation and yielding of pea in different soil tillage systems / A. Faligowska, S. Kalembasa, D. Kalembasa et al. // Agronomy. 2022. No. 2 (2). P. 352–365.
18. Debiya N. Influence of weather parameters of growth and yield attribute of different sowing date on different varieties of pea plant / N. Debiya // International Journal of Environment and Climate Change. 2022. No. 12 (12). P. 876-882.
19. Predicting the water requirement, soil moisture distribution, yield, water productivity of peas and impact of climate change using Saltmed model / M. Abdelbaset, A. El-Shafie, O.M. Dewedar et al. // Plant Archives. 2020. No. 20 (1). P. 3673-3689.
20. Heat stress tolerance in peas (*Pisum sativum* L.): Current status and way forward / J. Devi, V. Sagar, G.P. Mishra et al. // Frontiers in Plant Science. 2023. No. 13. P. 1108276-19.
21. Trait expression and environmental responses of pea (*Pisum sativum* L.) genetic resources targeting cultivation in the Arctic / U. Carlson-Nilsson, K. Aloisi, I. M. Vagen et al. // Frontiers in Plant Science. 2021. No. 12. P. 688067-14.

References

1. Statistical yearbook of Orenburg region. 2022: Statistical collection. Orenburgstat. Orenburg. 2022. 482 p.
2. Gross yields and yields of agricultural crops in the Russian Federation in 2022 (statistical vestnik). Moscow. 2022. Part 1. 123 p.
3. Mitrofanov D.V. The influence of weather elements and soil moisture reserves on pea yields in crop rotations on the southern black soil of the Orenburg Cis-Urals // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2019. № 3 (77). P. 98-102.

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

4. Voskobulova N.I. The influence of technology elements on growth and development of pea plants in the conditions of Orenburg region // *Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*. 2018. № 4. P. 98-100.
5. Voskobulova N.I., Vereshchagina A.S., Uraskulov R.Sh. Structure of pea grain yield depending on the seeding amount in the steppe zone of the Orenburg Cis-Urals // *Animal husbandry and feed production*. 2019. V. 102. № 1. P. 164-172.
6. Polous V.S., Osaulenko S.N. The influence of methods and techniques of basic tillage of typical black soil on yield, quality and efficiency of pea cultivation // *Scientific works of Kuban State Agrarian University*. 2021. № 90. P. 78-85.
7. Kulikova A. Kh., Saidyasheva G. V. The influence of traditional (intensive) and biologized cultivation technologies on symbiotic activity and yield of peas // *Agriculture*. 2022. № 5. P. 20-23.
8. Koshelyaev V. V., Koshelyaeva I. P. Symbiotic activity in different varieties of pea // *Volga Region Farmland*. 2021. No 2. P. 75-82. doi:10.36461/NP.2021.59.2.012
9. The influence of basic tillage methods on dynamics of moisture reserves and the yield of peas in the forest-steppe conditions of the European part of Russia / O. V. Bukin, D. V. Bochkarev, A. N. Nikolsky, et al. // *Agrarian Science*. 2020. № 6. P. 58-61.
10. Impact of moisture regimes on yield and soil microbial population in pea (*Pisum sativum*) / N. Singhal, M. Siag, P. Sharma et al. // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2022. № 92(5). P. 572-576.
11. Assessment of growth parameters and yield of pea (*Pisum sativum*) under different irrigation methods / N. Singhal, P. Sharma, R. Sharda et al. // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2021. № 91(9). P. 1378-1381.
12. Rahman M. N., Hangs R. D., Schoenau J. J. Influence of soil temperature and moisture on micronutrient supply, plant uptake, and biomass yield of wheat, pea, and canola // *Journal of Plant Nutrition*. 2020. № 43(6). P. 823-833.
13. Variability and assessment of interrelationships among yield and yield-related characters of pea accessions under the influence of high temperature / C. U. Zanetta, M. Y. Rafii, J. N. Jaafar et al. // *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2023. № 51(3). P. 341-353.
14. Impacts of the winter pea crop (instead of rapeseed) on soil microbial communities, nitrogen balance and wheat yield / C. Rezgui, W. Riah-Anglet, M. Benoit et al. // *Agriculture*. 2020. № 10 (11). P. 548-569.
15. Dzugaeva L. A. The influence of crops and "BIOCLAD" microfertilizer on the dynamics of nutrients and biological activity of the soil // *Scientific life*. 2019. V. 14. № 6 (94). P. 861-865.
16. Toropova E. Yu., Selyuk M. P., Posazhennikov S. N. Influence of cultivated plants on saprotrophic microorganisms and soil suppressiveness // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2018. V. 32. № 7. P. 17-20.
17. The nitrogen fixation and yielding of pea in different soil tillage systems / A. Faligowska, S. Kalembasa, D. Kalembasa et al. // *Agronomy*. 2022. № 2 (2). P. 352-365.
18. Debiya N. Influence of weather parameters of growth and yield attribute of different sowing dates on different varieties of pea plants / N. Debiya // *International Journal of Environment and Climate Change*. 2022. № 12 (12). P. 876-882.
19. Predicting the water requirement, soil moisture distribution, yield, water productivity of peas and impact of climate change using Saltmed model / M. Abdelbaset, A. El-Shafie, O.M. Dewedar et al. // *Plant Archives*. 2020. № 20(1). P. 3673-3689.
20. Heat stress tolerance in peas (*Pisum sativum* L.): Current status and way forward / J. Devi, V. Sagar, G.P. Mishra et al. // *Frontiers in Plant Science*. 2023. № 13. P. 1108276-19.
21. Trait expression and environmental responses of pea (*Pisum sativum* L.) genetic resources targeting cultivation in the Arctic / U. Carlson-Nilsson, K. Aloisi, I. M. Vagen et al. // *Frontiers in Plant Science*. 2021. № 12. P. 688067-14.