



Научная статья

УДК 631.51.01:633.358

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_5\_579

## ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

А.Н. Морозов, Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

**Аннотация.** Исследования проводили в 2020-2023 гг. в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» с целью изучения влияния технологий с разным уровнем минимизации основной обработки почвы в зерновом севообороте на влагообеспеченность и засоренность посевов, формирование элементов структуры урожая и продуктивность гороха в почвенно-климатических условиях Курской области. Схема опыта включала следующие технологии: традиционная; дифференцированная; минимальная; прямой посев. При возделывании гороха по традиционной технологии установлено в критический для роста и развития культуры период снижение, относительно других технологий, общего количества сорняков в 1,9-2,0 раза и их сухой массы в 1,2-1,8 раза, перед уборкой урожая — в 2,1-2,5 и 1,3-2,0 раза соответственно, уменьшение коэффициента водопотребления культуры на 40-86 ед., свидетельствующее о наиболее эффективном использовании запасов продуктивной влаги на формирование урожая. При этом технология прямого посева способствовала накоплению и сохранению наиболее высоких весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (141,1 мм), формированию максимальных значений густоты стояния растений (110,8 шт./м<sup>2</sup>), среднего числа зерен на растении (16,7 шт./растение) и единице площади (1799 шт./м<sup>2</sup>), содержания белка в зерне (23,15%), что позволило получить наибольшую урожайность гороха (2,31 т/га) и сбор белка с гектара (460,6 кг/га). При применении традиционной, дифференцированной и минимальной технологий относительно прямого посева отмечалось снижение весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на 12,8-22,0%, густоты стояния растений к уборке — на 5,4-9,3%, среднего числа зерен на 1 м<sup>2</sup> — на 4,2-22,6% и на одном растении — на 0,6-18,6%, содержания белка в зерне — на 0,25-0,90% абс., урожая зерна — на 4,3-10,8%, сбора белка с гектара — на 5,3-12,6%.

**Ключевые слова:** горох (*Pisum sativum*), технология, влагообеспеченность, засоренность посевов, структура урожая, урожайность, продуктивность

Original article

## MOISTURE AVAILABILITY AND CONTAMINATION OF PEA CROPS DEPENDING ON THE CULTIVATION TECHNOLOGY

A.N. Morozov, D.V. Dubovik, E.V. Dubovik, A.V. Shumakov

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

**Abstract.** The research was carried out in 2020-2023 in the field stationary experiment of the Federal Agricultural Kursk Research Center in order to study the impact of technologies with different levels of minimization of basic tillage in grain crop rotation on the moisture supply and contamination of crops, the formation of elements of the crop structure and the productivity of peas in the soil and climatic conditions of the Kursk region. The scheme of the experiment included the following technologies: traditional; differentiated; minimal; direct seeding. When cultivating peas using traditional technology, a decrease in the total number of weeds by 1.9-2.0 times and their dry weight by 1.2-1.8 times was established in a critical period for the growth and development of culture, relative to other technologies, and a decrease in the coefficient of water consumption of crops by 40-86 units, indicating on the most effective use of productive moisture reserves for crop formation. At the same time, the technology of direct sowing contributed to the accumulation and preservation of the highest spring reserves of productive moisture in the meter layer of soil (141.1 mm), the formation of maximum values of plant density (110.8 pcs./m<sup>2</sup>), the average number of grains per plant (16.7 pcs./plant) and unit area (1799 pcs./m<sup>2</sup>), the content of protein in grain (23.15%), which allowed to obtain the highest yield of peas (2.31 t/ha) and protein harvesting per hectare (460.6 kg/ha). When using traditional, differentiated and minimal technologies for direct sowing, there was a decrease in spring reserves of productive moisture in the meter-long soil layer by 12.8-22.0%, the density of standing plants for harvesting by 5.4-9.3%, the average number of grains per 1 m<sup>2</sup> by 4.2-22.6% and per 1 plant by 0.6-18.6%, the content of protein in grain by 0.25-0.90% abs., grain harvest by 4.3-10.8%, protein harvest per hectare by 5.3-12.6%.

**Keywords:** peas (*Pisum sativum*), technology, moisture availability, crop contamination, crop structure, yield, productivity

**Введение.** Горох (*Pisum sativum*) является ценной продовольственной и кормовой зернобобовой культурой, возделываемой в Курской области. Несмотря на тенденцию прошлых лет (2012-2020 гг.) в сокращении посевных площадей под этой культурой, с 2021 г. в Курской области наблюдается их устойчивый рост, который в 2023 г. достиг 16,2 тыс. га [1]. Во многом это было обусловлено возросшей потребностью увеличения производства из гороха продуктов питания и кормов, а также агрономической необходимостью применения оптимального предшественника для озимой пшеницы. Следует также отметить важную роль этой зернобобовой культуры в повышении степени использования агроценозами биологического азота из атмосферы за счет симбиотической азотфиксации клубеньковыми бактериями, что имеет большое значение в повышении плодородия почв и получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур [2].

В зоне неустойчивого увлажнения, к которой относится Курская область, азотфиксирующая способность и в целом продуктивность гороха может быть ограничена нестабильным водным режимом почвы и проявлением засухи в период вегетации, а также снижением ее плодородия и ухудшением фитосанитарного состояния посевов в результате нарушения агротехники возделывания этой культуры [3]. Влагообеспеченность посевов является одним из наиболее значимых показателей, характеризующих условия вегетации и формирования урожая не только гороха, но и всех сельскохозяйственных культур. Наличие почвенной влаги влияет на протекание физических, химических и микробиологических процессов, определяющих содержание в почве элементов питания, их доступность и поступление с водой в растения [4]. Учитывая слабую способность гороха к подавлению сорной растительности, важным показателем, характеризующим условия его вегетации,

является засоренность посевов. Сорные растения составляют конкуренцию культуре за свет, продуктивную влагу и элементы питания в почве, что также оказывает влияние на формирование урожая гороха [5].

Для реализации потенциала продуктивности гороха в почвенно-климатических условиях Курской области необходимо выбрать технологию его возделывания, основанную на рациональном сочетании применяемых агротехнических приемов, в полной мере отвечающих требованиям этой культуры. При этом ключевым агротехническим приемом, позволяющим направленно регулировать такие основные показатели условий вегетации культуры, как влагообеспеченность и засоренность посевов, является основная обработка почвы [6, 7].

При переходе на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии возделывания сельскохозяйственных культур основное направление включает снижение глубины

и интенсивности механической обработки почвы, включая полный отказ от нее — прямой посев. Ранее проведенные исследования в различных почвенно-климатических условиях свидетельствуют о неоднозначном действии минимизации основной обработки почвы и в том числе применении технологии прямого посева при возделывании гороха на влагообеспеченность, засоренность и урожайность посевов [8, 9, 10]. В связи с этим исследования влияния различных технологий, основанных на применении отвальных, безотвальных, поверхностных способов основной обработки почвы и прямого посева, на изменение условий вегетации, формирование урожая и качество зерна гороха, являются весьма актуальными.

**Цель исследований** — изучить влияние технологий с разным уровнем минимизации основной обработки почвы в зерновом севообороте на влагообеспеченность и засоренность посевов, формирование элементов структуры урожая и продуктивность гороха в почвенно-климатических условиях Курской области.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводились в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Курский район, п. Черемушки) в 2020-2023 гг. с изучением различных агротехнологий возделывания гороха. Работа выполнялась во второй ротации четырехпольного зернового севооборота, развернутого в пространстве и времени, со следующим чередованием культур: горох — озимая пшеница — соя — яровой ячмень.

Исследуемые технологии возделывания гороха основывались на применении в зерновом севообороте систем обработки почвы с разным уровнем минимизации и приемами внесения минеральных удобрений. Сорт гороха — Ягуар. Схема опыта включала следующие варианты:

1. Традиционная технология состоит в применении отвальной обработки почвы (вспашка на 20-22 см), основного внесения  $N_{15}P_{40}K_{40}$  кг/га и подкормки в фазе бутонизации  $N_{34}$  кг/га в д.в.
2. Дифференцированная технология заключается в комбинации мелкой (дискование на 8-10 см) и безотвальной (чизелевание на 20-22 см) обработки почвы, основного внесения  $N_{15}P_{40}K_{40}$  кг/га и подкормки в фазе бутонизации  $N_{34}$  кг/га в д.в.
3. Минимальная технология состояла в применении поверхностной обработки (дискование

до 8 см), основного внесения  $N_{15}P_{40}K_{40}$  кг/га и подкормки в фазе бутонизации  $N_{34}$  кг/га в д.в.

4. Технология прямого посева заключалась в посеве гороха без механической обработки почвы (технология No-till), основного внесения  $N_{10}P_{26}K_{26}$  кг/га, припосевого внесения  $N_{10}P_{26}K_{26}$  кг/га и подкормки в фазе бутонизации  $N_{34}$  кг/га в д.в.

Размещение делянок в полевом опыте систематическое в один ярус, повторность трехкратная. Площадь делянки 6000 м<sup>2</sup> (60×100 м).

При возделывании гороха с применением традиционной, дифференцированной и минимальной технологий сев проводился зерновой сеялкой СЗ-3,6 с шириной междурядий 15 см, технологии прямого посева — сеялкой Дон 114 с шириной междурядий 21 см. Норма высева составляла 1,2 млн всхожих семян/га. В технологии прямого посева осенью после уборки предшественника и весной перед посевом гороха делянки обрабатывались гербицидом сплошного действия (Ураган Форте 2,0 л/га). На всех изучаемых технологиях возделывания гороха в ранние фазы роста сорняков (1-3 листьев) выполнялась гербицидная обработка посевов баковой смесью Пульсар в дозе 0,75 л/га и Базагран — 2,0 л/га. В дальнейшем в фазе образования бобов против вредителей и болезней была проведена фунгицидно-инсектицидная обработка препаратами Винтаж — 0,8 л/га и Борей — 0,1 л/га.

Почва опытного поля была представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым, с средним содержанием в пахотном слое гумуса — 5,28% (ГОСТ 26213-91), высоким содержанием подвижного фосфора — 20,0 мг/100 г и обменного калия — 12,7 мг/100 г (ГОСТ 26204-91), средним содержанием щелочногидролизующего азота — 15,5 мг/100 г (по Корнфилду). Реакция почвенной среды слабокислая, рН<sub>KCl</sub> 5,3 ед. (ГОСТ 26483-85).

Агрометеорологические условия вегетационных периодов гороха в полной мере отражали особенности климата Курской области. В годы проведения исследований их степень увлажнения по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова (ГТК) характеризовалась в 2020-2022 гг. как оптимальная с ГТК 1,35-1,00, в 2023 г. — как недостаточная с ГТК 0,82 (рис. 1). При этом распределение атмосферных осадков и температурный режим воздуха в перио-

ды вегетации гороха имели свои характерные особенности.

В 2020 г. прохладная и сухая погода в апреле с количеством осадков на 25% и средней температурой воздуха на 0,6°С ниже многолетней месячной нормы привела к более позднему появлению всходов гороха. Дождливая и прохладная погода в мае с количеством осадков на 24,1 мм выше и на 1,9°С ниже многолетней месячной нормы спровоцировала высокую засоренность посевов и замедление роста и развития культуры. В период со 2-й декады июня по 1-ю декаду июля включительно наблюдался дефицит осадков на фоне высокой среднесуточной температуры воздуха. Обильные осадки (65,2 мм) выпали только во 2-й декаде июля, но они носили ливневый характер и не оказывали заметного влияния на созревание зерна.

В 2021 г. прохладная и дождливая погода в 3-й декаде апреля привела к более позднему севу гороха (на 5-6 дней позже календарных сроков). В мае осадки соответствовали месячной норме, а температурный режим был выше нормы на 0,5°С, что способствовало более быстрому росту и развитию гороха. Обильные осадки в июне (101,2 мм) с превышением месячной нормы на 42,2 мм при среднесуточной температуре воздуха, превышающей климатическую норму на 2,5°С, привели к увеличению вегетативной массы культуры. Жаркая и преимущественно сухая погода, установившаяся в 1-й и 2-й декадах июля, способствовала созреванию зерна.

Метеорологические условия периода вегетации 2022 г. складывались менее благоприятно для роста и развития гороха. Прохладная и дождливая погода в апреле привела к его севу на 12-13 дней позже календарных сроков. Продолжающаяся прохладная погода в мае с среднесуточной температурой воздуха на 1,6°С ниже климатической нормы и осадками в 1,7 раза больше месячной нормы неблагоприятно отражалась на росте и развитии культуры. В июне недостаток осадков (10,1 мм при норме 59,0 мм) на фоне среднесуточной температуры на 2,7°С выше климатической нормы способствовал ускорению наступления у гороха фаз бутонизации, цветения и образования бобов. Прохладная и преимущественно дождливая погода, установившаяся во 2-й и 3-й декадах июля, способствовала более позднему созреванию зерна.



Рисунок 1. Метеорологические условия периода вегетации гороха в годы проведения исследований  
Figure 1. Meteorological conditions of the pea growing season during the years of research

Таблица 1. Влагообеспеченность и водопотребление посевов гороха (среднее за 2020-2023 гг.)  
Table 1. Moisture availability and water consumption of pea crops (average for 2020-2023)

Технология	Запас доступной влаги в почве, мм		Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Сухое вещество гороха, т/га	Коэффициент водопотребления
	начало вегетации	конец вегетации			
Традиционная	119,2	40,0	2674,2	4,87	554
Дифференцированная	110,0	34,8	2634,0	4,31	620
Минимальная	123,0	35,2	2760,7	4,41	640
Прямого посева	141,1	47,2	2820,8	5,06	595
НСР <sub>05</sub>	3,5	3,9	-	0,26	-



В 2023 г. из-за прохладной погоды в апреле сев гороха был проведен на 4-5 дней позже календарных сроков. В мае осадков выпало в 4,5 раза меньше месячной нормы при среднесуточной температуре воздуха на 0,3°C выше климатической нормы, что тормозило рост и развитие культуры. Дефицит осадков наблюдался в 1-й и 2-й декадах июня, лишь в 3-й декаде выпало большое количество осадков (59,4 мм), соответствующее месячной норме. При этом среднесуточная температура воздуха составляла 17,5°C и была близка к климатической норме. Похолодание, проявившееся преимущественно в 2-й декаде июля, несмотря на дефицит осадков (6,3 мм) в этот период, привело к затягиванию сроков наступления полной спелости зерна.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений гороха и определение основных элементов структуры урожая (густота стояния растений к уборке, среднее число зерен в бобе, на растении и на 1 м<sup>2</sup>, масса 1000 зерен) проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур РФ [11].

Запасы доступной для растений влаги в метровом слое почвы определяли в период сева и перед уборкой урожая термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89). Учет засоренности посевов гороха определяли при массовом появлении сорняков в критический для роста культуры период (фаза стеблевания и ветвления) и перед уборкой урожая количественно-весовым методом [12]. Урожайность гороха учитывали методом прямой механизированной уборки делянок с помощью комбайна Сампо-500. Урожай зерна взвешивали с пересчетом на 100%-ю чистоту и 14%-ю влажность. Содержание белка в зерне гороха определяли методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе Инфратек 1241.

Статистическую обработку данных исследований выполняли методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов по Б.А. Доспехову [13] с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

**Результаты и их обсуждение.** Исследования влагообеспеченности посевов гороха показали, что применяемые технологии оказывали существенное влияние на запас продуктивной влаги метрового слоя почвы. В среднем за годы исследований, в фазе всходов наиболее высокие ее запасы были при применении технологии прямого посева (141,1 мм), что по сравнению с минимальной технологией больше на 18,1 мм, дифференцированной технологией — на 31,1 мм, традиционной технологией — на 21,9 мм (табл. 1).

К уборке расход запасов продуктивной влаги определялся водопотреблением сформированной биомассы гороха и сорных растений, который составил от исходных запасов на традиционной технологии 33,6%, дифференцированной технологии — 31,6%, минимальной технологии — 28,6%, технологии прямого посева — 33,4%. При этом, несмотря на самое высокое суммарное водопотребление (2820,8 м<sup>3</sup>/га) в варианте с прямым посевом, наибольший запас продуктивной влаги (47,2 мм) сохранялся при применении этой технологии.

Расчет коэффициента водопотребления, характеризующего потребность сельскохозяйственных культур в воде на образование 1 т их сухой биомассы, выявил наиболее продуктивное потребление влаги в варианте с традиционной технологией возделывания гороха. При применении дифференцированной, минимальной технологий и прямого посева коэффициент водопотре-

бления относительно традиционной технологии был выше, соответственно, на 66, 86 и 40 ед., что свидетельствует о менее эффективном использовании продуктивной влаги из почвы.

Наряду с влагообеспеченностью и водопотреблением посевов важным показателем, характеризующим условия вегетации и формирования высокого урожая гороха, является наличие сорных растений. Учет засоренности посевов выявил существенное влияние изучаемых технологий возделывания гороха на динамику популяции сорных растений (табл. 2). Так, в критический для роста и развития культуры период (фаза стеблевания и ветвления) наименьшее общее количество малолетних и многолетних сорняков в 2020, 2021 и 2023 гг. наблюдалось при применении традиционной технологии, в 2022 г. — при прямом посеве. В среднем за 4 года исследований минимальная засоренность сохранялась в варианте с традиционной технологией (252,4 шт./м<sup>2</sup>), где относительно дифференцированной, минимальной технологий и прямого посева численность сорняков была ниже в 1,9-2,0 раза.

В результате обработки посевов гербицидами численность сорняков перед уборкой урожая снижалась на всех изучаемых технологиях возделывания гороха. В среднем за 2020-2023 гг. при применении традиционной технологии их количество сократилось на 33,2%, дифференцированной технологии — на 19,6%, минимальной технологии — на 17,1%, прямого посева — на 24,2%. При этом минимальное количество сорных растений (168,6 шт./м<sup>2</sup>) сохранялось в варианте с традиционной технологией. С переходом на дифференцированную, минимальную технологию и прямой посев численность сорняков относительно традиционной технологии была выше, соответственно, в 2,4, 2,5 и 2,1 раза.

В посевах гороха встречались следующие виды сорных растений. Из малолетних однолетних — просо куриное (*Echinochloa crus-galli*) и щетинник зеленый (*Setaria viridis*), из малолетних двудольных — горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*), марь белая (*Chenopodium album*), горец почечуйный (*Polygonum persicaria*), латук компасный (*Lactuca serriola*), чистец однолетний (*Stachys annua*), паслен черный (*Solanum nigrum*), фиалка полевая (*Viola arvensis*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*). Многолетние виды были представлены двудольными сорняками: вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis*), бодяком полевым (*Cirsium arvense*), кислицей обыкновенной (*Oxalis acetosella*) и осотом полевым (*Sonchus arvensis*).

Для более полного выявления вредоносного влияния сорного компонента в агрофитоценозе гороха было рассмотрено влияние изучаемых технологий на изменение воздушно-сухой массы сорняков и его урожайность (рис. 2). В фазе стеблевания и ветвления гороха при применении дифференцированной, минимальной технологий и прямого посева масса малолетних и многолетних сорняков была выше по сравнению с традиционной технологией, соответственно, в 1,7, 1,8 и 1,2 раза. К уборке урожая их масса на традиционной технологии увеличилась в 2,54 раза, дифференцированной технологией — в 3,03 раза, минимальной технологии — 2,78 раза, прямом посеве — 2,52 раза. В результате минимальный вес сорных растений оставался в варианте с традиционной технологией возделывания гороха, а с переходом на дифференцированную, минимальную технологию и прямой посев он был выше относительно традиционной технологии в 2,0-1,2 раза.

Принимая во внимание низкую конкурентоспособность гороха по отношению к сорным растениям их количество и масса в зависимости от применяемой технологии оказывали влияние на уровень урожая. Несмотря на то, что при прямом посеве в критический для роста и развития культуры период отмечались не самые низкие показатели засоренности посевов, применение этой технологии способствовало минимальному нарастанию массы сорняков к уборке и формированию наиболее высокой урожайности гороха (2,31 т/га). С переходом на традиционную технологию снижение урожайности относительно прямого посева было несущественным и составляло 0,10 т/га. При переходе на дифференцированную и минимальную технологию урожайность гороха по сравнению с прямым посевом снижалась на 0,25 и 0,19 т/га.

Изменения урожайности гороха при применении изучаемых технологий его возделывания были обусловлены условиями в период вегетации культуры, что также повлияло на формирование элементов структуры урожая. Так, наиболее высокие весенние запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы при применении технологии прямого посева способствовали формированию наибольшей густоты стояния растений к уборке (110,8 шт./м<sup>2</sup>). С применением традиционной, дифференцированной и минимальной технологий густота стояния растений была ниже относительно прямого посева на 6,8, 10,3 и 6,0 шт./м<sup>2</sup> соответственно технологиям.

Таблица 2. Влияние технологий возделывания гороха на количество сорняков, шт./м<sup>2</sup>  
Table 2. Influence of pea cultivation technologies on the number of weeds, pcs/m<sup>2</sup>

Технология	Годы исследований				В среднем за 2020-2023 гг.
	2020	2021	2022	2023	
<b>В фазе стеблевания и ветвления</b>					
Традиционная	670,4	170,4	112,8	56,0	252,4
Дифференцированная	1033,6	665,6	262,4	77,6	509,8
Минимальная	953,6	834,4	181,6	93,6	515,8
Прямого посева	1495,2	212,0	88,8	84,8	470,2
НСР <sub>05</sub> , шт./м <sup>2</sup>	43,4	30,2	21,3	8,2	25,8
<b>Перед уборкой урожая</b>					
Традиционная	476,0	42,4	84,0	72,0	168,6
Дифференцированная	873,6	304,0	312,8	148,0	409,6
Минимальная	787,2	470,4	292,0	161,6	427,8
Прямого посева	848,8	156,0	85,6	334,4	356,2
НСР <sub>05</sub> , шт./м <sup>2</sup>	27,9	26,4	22,0	20,5	24,2



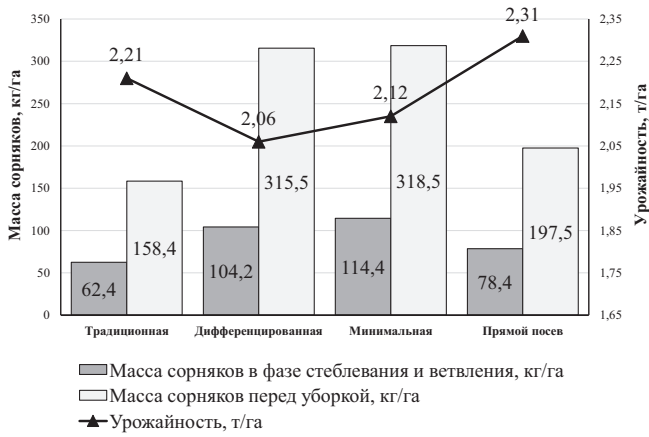


Рисунок 2. Влияние технологий возделывания гороха на воздушно-сухую массу сорняков и урожайность (среднее за 2020-2023 гг.)  
Figure 2. The impact of pea cultivation technologies on the air-dry mass of weeds and yield (average for 2020-2023)

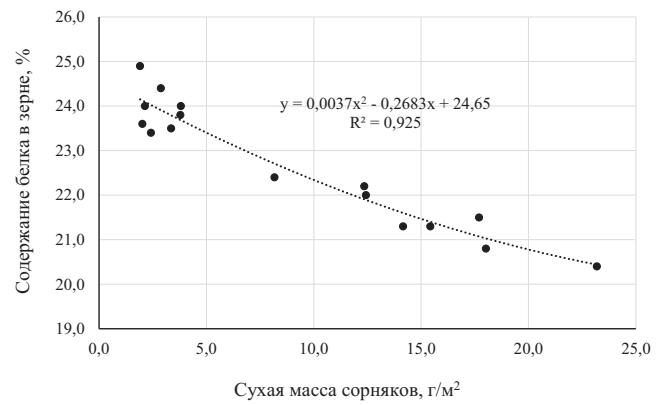


Рисунок 3. Взаимосвязь сухой массы сорняков в фазе стеблевания и ветвления гороха с содержанием белка в зерне (2020-2023 гг.)  
Figure 3. The relationship of the dry mass of weeds in the phase of staling and branching of peas with the protein content in grain (2020-2023)

Таблица 3. Влияние технологий возделывания гороха на формирование элементов структуры урожая (среднее за 2020-2023 гг.)  
Table 3. The influence of pea cultivation technologies on the formation of crop structure elements (average for 2020-2023)

Технология	Среднее число зерен в бобе, шт.	Среднее число зерен, шт./растение	Среднее количество зерен, шт./м²	Масса 1000 зерен, г
Традиционная	3,26	16,6	1723	153,3
Дифференцированная	3,04	14,0	1393	163,7
Минимальная	2,99	13,6	1429	170,9
Прямого посева	3,12	16,7	1799	167,6
НСР <sub>05</sub>	0,08	1,0	51	4,9

Таблица 4. Влияние технологий возделывания на сбор белка с урожаем гороха, кг/га  
Table 4. Influence of cultivation technologies on protein harvesting with pea harvest, kg/ha

Технология	Годы исследований				В среднем за 2020-2023 гг.
	2020	2021	2022	2023	
Традиционная	420,0	356,9	551,9	415,8	436,2
Дифференцированная	319,9	332,4	538,8	419,9	402,7
Минимальная	293,1	346,5	550,1	449,8	409,9
Прямого посева	309,6	490,7	610,9	431,3	460,6
НСР <sub>05</sub> , кг/га	29,6	30,9	28,6	23,1	30,5

Среднее число зерен в бобе было максимальным при применении традиционной технологии (3,26 шт.), что на 6,7% больше по сравнению с дифференцированной технологией, на 8,1% — с минимальной технологией и на 4,0% — с прямым посевом (табл. 3). При этом на формирование этого элемента структуры урожая оказывала влияние засоренность посевов, что подтверждается высокой и заметной отрицательной корреляционной связью этих показателей как в критический для роста и развития культуры период ( $r=-0,72$  для количества сорняков и  $r=-0,55$  для сухой массы сорняков), так и перед уборкой урожая ( $r=-0,68$  для количества сорняков).

Наиболее высокие значения среднего числа зерен на растении (16,7 шт./растение) и на единице площади (1799 шт./м²) отмечались при применении технологии прямого посева, и снижались при традиционной технологии — на 0,6 и 4,2%, дифференцированной технологии — на 16,2 и 22,6%, минимальной технологии — на 18,6 и 20,6% соответственно. В то же время наиболее высокая масса 1000 зерен формировалась при минимальной технологии, где относительно традиционной, дифференцированной

технологий и прямого посева она увеличилась, соответственно, на 17,6, 7,2 и 3,3 г.

Следует отметить ведущую роль в повышении урожая гороха таких элементов его структуры, как среднее число зерен на единице площади и масса 1000 зерен. Это подтверждает установленная заметная корреляционная связь урожайности гороха с массой 1000 зерен ( $r=0,62$ ) и средним числом зерен на 1 м² ( $r=0,55$ ). В свою очередь, на формирование этих элементов структуры урожая и в целом его величину оказывала влияние засоренность посевов гороха как в критический, так и в предуборочный периоды. Об этом свидетельствует заметная отрицательная корреляционная связь урожайности с общим количеством сорняков ( $r=-0,63$  в фазе стеблевания и ветвления и  $r=-0,61$  перед уборкой урожая).

Возделывание гороха по изучаемым технологиям повлияло на качество зерна, в частности содержание в нем белка. Так, в среднем за годы исследований наиболее высокое содержание белка в зерне отмечалось при возделывании гороха по технологии прямого посева (23,15%), где с применением традиционной технологии этот показатель снижился на 0,25%,

дифференцированной технологии — на 0,57%, минимальной технологии — на 0,90%.

Корреляционный анализ экспериментальных данных за 4 года исследований выявил связь формирования массы 1000 зерен с содержанием в них белка. Под влиянием складывающихся условий вегетации гороха, вызванных применяемыми технологиями, с увеличением массы 1000 зерен отмечалось повышение содержание белка в зерне ( $r=0,59$ ). При этом на эти показатели кроме погодных условий существенное влияние оказывал уровень засоренности посевов. Выявлено снижение массы 1000 зерен при увеличении численности сорных растений и их сухой массы в критический для роста и развития культуры период ( $r=-0,58$  для количества сорняков и  $r=-0,57$  для сухой массы сорняков) и перед уборкой урожая ( $r=-0,57$  для количества сорняков). Также установлено снижение содержания белка в зерне при увеличении сухой массы сорняков в критический для роста и развития гороха период, что подтверждается очень высокой отрицательной корреляционной связью ( $r=-0,96$ ). Отмеченная связь приведена на рисунке 3 и с достоверностью  $R^2=0,92$  аппроксимируется в виде полинома второй степени.

Интегральным показателем продуктивности посевов гороха является сбор белка с гектара, который определяется как урожайностью, так и его содержанием в выращенном зерне. В 2020 г. максимальный сбор белка с гектара был получен при традиционной технологии, в 2021 и 2022 гг. — при прямом посеве, в 2023 г. — при минимальной технологии (табл. 4). В среднем за годы исследований наибольший сбор белка с урожаем гороха был получен при его возделывании по технологии прямого посева (460,6 кг/га). При переходе на традиционную технологию относительно прямого посева сбор белка снижался на 24,4 кг/га, дифференцированную технологию — на 57,9 кг/га, минимальную технологию — на 50,7 кг/га.

Изменение продуктивности гороха при его возделывании с применением изучаемых технологий было связано с условиями вегетации, в частности с засоренностью посевов. Так, анализ экспериментальных данных показал, что на продуктивность этой культуры оказывали влияние численность и сухая масса сорных растений в критический для ее роста и развития период, что подтверждается высокой обратной корреляционной связью ( $r=-0,71$  для количества



сорняков и  $r = -0,70$  для воздушно-сухой массы сорняков).

Таким образом, за годы исследований при возделывании гороха по технологиям с разным уровнем минимизации обработки почвы увеличение общего количества сорняков с 56 до 1313 шт./м<sup>2</sup> и их сухой массы с 2,8 до 23,2 г/м<sup>2</sup> в фазе стеблевания и ветвления приводило к снижению сбора белка на 197,6 кг/га или на 40,5%. Доля влияния фактора засоренности посевов в изменении продуктивности гороха составляла 49,0-50,4%, остальное влияние было обусловлено агрометеорологическими условиями в период его вегетации и изменением водно-физических и агрохимических показателей чернозема типичного в результате применения изучаемых технологий.

**Выводы.** В почвенно-климатических условиях Курской области технологии возделывания гороха с разным уровнем минимизации основной обработки почвы оказывают существенное влияние на влагообеспеченность и засоренность посевов, формирование элементов структуры урожая и продуктивность этой зернобобовой культуры. Возделывание гороха по традиционной технологии обеспечило минимальную засоренность посевов как в критический для роста и развития культуры период, так и перед уборкой урожая, что способствовало наиболее продуктивному расходу влаги из почвы на формирование урожая. Однако возделывание гороха по технологии прямого посева способствовало наилучшей влагообеспеченности посевов в период появления всходов, формированию максимальной густоты стояния растений, среднего числа зерен на растении и 1 м<sup>2</sup>, содержания белка в зерне, что обеспечило получение наиболее высокого его урожайности и сбора белка с урожаем. Применение традиционной, дифференцированной и минимальной технологий приводило к снижению весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на 18,1-31,1 мм, густоты стояния растений к уборке — на 6,0-10,3 шт./м<sup>2</sup>, среднего числа зерен — на 76-406 шт./м<sup>2</sup> и на 1 растении — на 0,1-3,1 шт., содержания белка в зерне — на 0,25-0,90% абс. и в конечном итоге к уменьшению урожая — на 4,3-10,8%, сбора белка с гектара — на 5,3-12,6%.

#### Список источников

1. Федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ). Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13177> (дата обращения: 25.03.2024).
2. Jensen, E.S., Carlsson, G., Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 40, no. 5, issue 1. doi: 10.1007/s13593-020-0607-x

#### Информация об авторах:

**Морозов Александр Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru

**Дубовик Дмитрий Вячеславович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, dubovikdm@yandex.ru

**Дубовик Елена Валентиновна**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru

**Шумаков Александр Васильевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8620-7816>, kniiapp@mail.ru

#### Information about the authors:

**Alexander N. Morozov**, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru

**Dmitry V. Dubovik**, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, dubovikdm@yandex.ru

**Elena V. Dubovik**, doctor of biological sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru

**Alexander V. Shumakov**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8620-7816>, kniiapp@mail.ru

*Sustainable Development*, vol. 40, no. 5, issue 1. doi: 10.1007/s13593-020-0607-x

3. Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Влияние способов обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов на засоренность посевов и урожайность зерна гороха // Защита и карантин растений. 2017. № 1. С. 14-17.

4. Palmer, M.A., Liu, J., Matthews, J.H., et al. (2015). Water security: Gray or green? *Science*, vol. 349, no. 6248, pp. 584-585. doi: 10.1126/science.349.6248.584-a

5. Пургин Д.В., Усенко В.И., Кравченко В.И. и др. Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации // Земледелие. 2019. № 8. С. 8-13. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10802

6. Букин О.В., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н. Влияние приемов основной обработки почвы на урожайность и качество гороха посевного в условиях Европейской части России // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10. С. 28-34.

7. Кисилева Т.С., Рзаева В.В. Влияние основной обработки почвы на урожайность зернобобовых культур в северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 1. С. 21-25. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10104

8. Кисилева Т.С., Рзаева В.В. Влияние основной обработки почвы на продуктивность зернобобовых культур в северной лесостепи Западной Сибири. Тюмень: ИД «Титул», 2023. 163 с.

9. Дридригер В.К., Джандаров А.Н. Агрофизические свойства почвы и урожайность гороха в зависимости от технологии возделывания в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6. С. 76-80. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-76-80

10. Камбулов С.И., Семенихина Ю.А., Демина Е.Б. Влияние основных приемов обработки почвы на продуктивность гороха // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 3. С. 82-88. doi: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88

11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. М.: ООО «Группа компаний Море», 2019. 384 с.

12. Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И., Захаренко А.В., Сафонов А.Ф. Практикум по земледелию. М.: КолосС, 2004. 424 с.

13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

#### References

1. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki (ROSSTAT) [Federal State Statistics Service (ROSSTAT)]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13177> (accessed: 25.03.2024).
2. Jensen, E.S., Carlsson, G., Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 40, no. 5, issue 1. doi: 10.1007/s13593-020-0607-x
3. Garmashov, V.M., Kornilov, I.M., Nuzhnaya, N.A. (2017). Vliyanie sposobov obrabotki pochvy, vnesheniya mineral'nykh udobrenii i gerbitsidov na zasorennost' posevov i urozhainost' gorokha [The influence of methods of tillage, application of mineral fertilizers and herbicides on the contamination of crops and the yield of pea grain]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 1, pp. 14-17.
4. Palmer, M.A., Liu, J., Matthews, J.H., et al. (2015). Water security: Gray or green? *Science*, vol. 349, no. 6248, pp. 584-585. doi: 10.1126/science.349.6248.584-a
5. Purgin, D.V., Usenko, V.I., Kravchenko, V.I. et al. (2019). Formirovaniye zasorennosti posevov v zernoparovom sevooborote v zavisimosti ot sposoba obrabotki pochvy i primeneniya sredstv khimizatsii [Formation of crop contamination in the grain-steam crop rotation, depending on the method of tillage and the use of chemicals]. *Zemledelie*, no. 8, pp. 8-13. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10802
6. Bukin, O.V., Bochkarev, D.V., Nikol'skii, A.N. (2020). Vliyanie priemov osnovnoi obrabotki pochvy na urozhainost' i kachestvo gorokha posevnogo v usloviyakh Evropeiskoi chasti Rossii [The influence of basic tillage techniques on the yield and quality of seed peas in the conditions of the European part of Russia]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 10, pp. 28-34.
7. Kiseleva, T.S., Rzaeva, V.V. (2021). Vliyanie osnovnoi obrabotki pochvy na urozhainost' zernobobovykh kul'tur v severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti [The influence of basic tillage on the yield of leguminous crops in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 35, no. 1, pp. 21-25. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10104
8. Kiseleva, T.S., Rzaeva, V.V. (2023). *Vliyanie osnovnoi obrabotki pochvy na produktivnost' zernobobovykh kul'tur v severnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri* [The effect of basic tillage on the productivity of leguminous crops in the northern forest-steppe of Western Siberia]. Tyumen, Publishing house "Titul", 163 p.
9. Dridiger, V.K., Dzhandarov, A.N. (2021). Agrofizicheskie svoystva pochvy i urozhainost' gorokha v zavisimosti ot tekhnologii vozdelvaniya v zone neustoiichivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraia [Agrophysical properties of the soil and yield of peas depending on the cultivation technology in the zone of unstable humidification of the Stavropol territory]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University], no. 6, pp. 76-80. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-76-80
10. Kambulov, S.I., Semeniikhina, Yu.A., Demina, E.B. (2022). Vliyanie osnovnykh priemov obrabotki pochvy na produktivnost' gorokha [The effect of basic tillage techniques on pea productivity]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], vol. 14, no. 3, pp. 82-88. doi: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Vyp. 1. (2019). [Methodology of the state variety testing of agricultural crops. Issue 1]. Moscow, Sea Group of Companies LLC, 384 p.
12. Vasil'ev, I.P., Tulikov, A.M., Bazdyrev, G.I., Zakharenko, A.V., Safonov, A.F. (2004). *Praktikum po zemledeliyu* [Laboratory manual for agronomy]. Moscow, KolosS Publ., 424 p.
13. Dospikhov, B.A. (2014). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Al'yans Publ., 351 p.

