

УРОЖАЙНОСТЬ И СТРУКТУРА УРОЖАЯ ГОРОХА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ЦЧР

В.И. ТУРУСОВ, академик РАН

В.М. ГАРМАШОВ, доктор сельскохозяйственных наук

И.М. КОРНИЛОВ, Н.А. НУЖНАЯ, кандидаты сельскохозяйственных наук

В.Н. ГОВОРОВ, М.П. КРЯЧКОВА, научные сотрудники

ФГБНУ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЫ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА»

В результате проведенных исследований установлено, что в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР наибольшая урожайность гороха и эффективность применяемых удобрений получена при отвальной обработке почвы (вспашка на глубину 14-16 – 20-22 см). Уменьшение глубины вспашки в отвальной системе обработки почвы и насыщение системы обработки почвы в севообороте безотвальными рыхлениями приводит к снижению продуктивности гороха и эффективности применяемых удобрений. Увеличение доли безотвальной обработки почвы в системе севооборота до 60% приводит к достоверному снижению урожайности гороха. Наибольшее снижение урожайности отмечалось при безотвальной системе обработки почвы в зернопропашном севообороте; при разноглубинной плоскорезной обработке оно составило 0,24 т/га, на удобренном фоне – 0,31 т/га при $НСР_{05} = 0,18$ т/га, при рыхлении плугом без отвалов на глубину 25-27 см – 0,14 т/га независимо от фона удобренности при $НСР_{05} = 0,13$ т/га. Увеличение глубины вспашки, усиление обрабатываемости обрабатываемого слоя (ежегодная разноглубинная вспашка двухъярусным плугом), также как и безотвальные обработки не приводят к повышению продуктивности гороха и эффективности применяемых удобрений.

В засушливые и нормальные по увлажнению годы наибольшая эффективность от применения удобрений получена при внесении их под вспашку. Безотвальные приемы, поверхностная и нулевая обработки почвы, обеспечивающие поверхностное сосредоточение используемых минеральных удобрений, снижают эффективность их применения. Во влажные годы эффективность минеральных удобрений мало изменяется в зависимости от способа обработки почвы.

Ключевые слова: обработка почвы, вспашка, горох, урожайность, структура урожая, удобрения.

PRODUCTIVITY AND STRUCTURE OF THE PEA CROP UNDER VARIOUS METHODS OF TILLAGE IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-EAST OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

V.I. Turusov, V.M. Garmashov, I.M. Kornilov, N.A. Nuzhnaya,

V.N. Govorov, M.P. Kryachkova

V.V. DOKUCHAEV SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE
OF THE CENTRAL-CHERNOZEM ZONE

Abstract: *As a result of researches it is established that in soil-climatic conditions of the Southeast of the Central Chernozem zone the highest yields of pea and effectiveness of applied fertilizers obtained by moldboard tillage (plowing to a depth of 14-16 – 20-22 cm). Reducing the depth of plowing in the dump tillage system and saturating the tillage system in the crop rotation with non-fallow loosening leads to a decrease in the productivity of peas and the effectiveness of fertilizers used. An increase in the share of non-tillage in the crop rotation system to 60% leads to a*

significant decrease in the yield of peas. The greatest decrease in productivity was observed in the non-tillage system of tillage in the grain crop rotation; with multi-depth flat-cut processing, it was 0.24 t/ha, on a fertilized background-0.31 t/ha, when loosening the plow without dumps to a depth of 25-27 cm – 0.14 t/ha, regardless of the background of fertilization. Increasing the depth of plowing, increasing the turnover of the treated layer (annual multi-depth plowing with a two-tier plow), as well as non-shaft processing do not lead to an increase in the productivity of peas and the effectiveness of fertilizers used.

In dry and normal moisture years, the greatest efficiency from the use of fertilizers is obtained when they are applied for plowing. Non-fallow techniques, surface and zero tillage, which ensure the surface concentration of used mineral fertilizers, reduce the effectiveness of their application. In wet years, the effectiveness of mineral fertilizers does not change much depending on the method of soil treatment.

Keywords: Tillage, plowing, peas, yield, crop structure, fertilizers.

Горох является основной зернобобовой культурой в ЦЧР, что определяется его разнообразными достоинствами и применением. Семена гороха содержат до 25 % и более полноценного белка, различные витамины и микроэлементы, поэтому он имеет большое значение как кормовая и продовольственная культура [1]. Горох играет и важную агротехническую роль, в частности, он служит ценным предшественником озимой пшеницы и ряда других культур. Благодаря способности к симбиотической фиксации азота из воздуха способствует сохранению почвенного плодородия и улучшению экологической обстановки за счет снижения потребности в минеральном азоте [2, 3]. Однако в предшествующие десятилетия посевы гороха стали резко сокращаться. По данным Росстата посевные площади гороха в ЦЧР в 2014 году составляли 154 тыс. га, в 2015 – 107, в 2016 – 114, в 2017 – 111 тыс. га. Аналогичная ситуация складывается и по областям. В Воронежской области посевные площади гороха в 2013 году составляли 50,5 тыс. га, в 2015 году – 22,25, в 2017 году – 20,61 тыс. га. Валовый сбор зерна составлял, соответственно, 62,36 тыс. тонн, 45,08 и 65,76 тыс. тонн. При этом почвенно-климатические условия ЦЧР благоприятны для возделывания культуры, они позволяют при применении современных технологий получать сравнительно высокий урожай зерна гороха (25-30 ц/га и более).

Одно из важнейших направлений в повышении эффективности технологий выращивания сельскохозяйственных культур является совершенствование приемов и систем обработки почвы, которое идет в основном в направлении их ресурсосбережения и природоохранной направленности. К таким приемам относятся, главным образом, поверхностные, мелкие безотвальные основные обработки почвы, или отказ от них, а также совмещение или упрощение отдельных приемов, составляющих предпосевную подготовку.

Необходимость перехода к менее трудоемким энергосберегающим технологиям возделывания основных сельскохозяйственных культур связана прежде всего с возрастанием топливно-энергетических затрат в структуре себестоимости продукции сельского хозяйства.

Минимальная обработка почвы позволяет сократить материально-денежные издержки на 20-25%, производственные затраты в расчете на гектар посева на – 30-40%, в т.ч. расход топлива в 1,5-2,0 раза, повысить рентабельность производства зерна до 30%, снизить эрозионные процессы, увеличить содержание органического вещества в верхнем 0-10 см слое почвы и во многих случаях обеспечить равный урожай зерновых культур в сравнении с традиционной вспашкой [4, 5, 6]. Однако, как показывает практика, применение минимальных обработок в различных почвенно-климатических условиях распространения черноземных почв и под культуры с различными биологическими особенностями часто приводит к противоречивым результатам, как по урожайности, так и по показателям почвенного плодородия [7, 8].

Цель работы – поиск и разработка менее затратных приемов обработки почвы, обеспечивающих стабильно высокую урожайность гороха с высокой отдачей от средств интенсификации.

Условия, материалы и методы

Объект исследований – чернозем обыкновенный среднегумусный, среднемошный, тяжелосуглинистый, с благоприятными физико-химическими и агрохимическими характеристиками 0-30-и сантиметрового слоя: гумус (по Тюрину в модификации В.Н. Симакова, ГОСТ 2613-91) – 6,48%, общий азот (по Гинзбург) – 0,36%, общий фосфор (по Гинзбург и Щегловой) – 0,35 %, общий калий (по Ожигову) – 1,85%, азот гидролизуемый (по Тюрину и Кононовой) – 61,2 мг/кг почвы, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 66,4 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки – 6,99, гидролитическая кислотность – 0,57 мг-экв./100 г почвы. Обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения ПК.

В опыте изучали влияние различных приемов и систем обработки почвы в севообороте на плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность гороха. Схема стационарного полевого опыта включала следующие варианты: **система обработки почвы (фактор А)** – отвальная под все культуры севооборота на глубину 20-22 см (контроль); отвальная под все культуры севооборота на глубину 25-27 см; отвальная под все культуры севооборота на глубину 14-16 см; безотвальная под все культуры севооборота на глубину 14-16 см; комбинированная – чередование отвальной и безотвальной обработки почвы под различные культуры севооборота (под горох – отвальная на глубину 20-22 см); разноглубинная отвальная (под горох – отвальная на глубину 14-16 см); разноглубинная безотвальная (под горох – безотвальная на глубину 20-22 см); поверхностная под все культуры севооборота на глубину 6-8 см КПЭ-3,8 (под все культуры севооборота); без обработки (нулевая по технологии No-till) под все культуры севооборота; **системы удобрений (фактор В)** – без удобрений (0); N₆₀P₆₀K₆₀ под все культуры севооборота.

Отвальную обработку почвы проводили плугом ПКС-4, безотвальную и поверхностную – противозерозионным культиватором КПЭ-3,8. Посев зерновых и зернобобовых культур проводили сеялкой СЗ-3,6.

Гербициды применяли фоном на всех культурах севооборота. Допосевные и послепосевные обработки выполняли в соответствии с зональными рекомендациями, за исключением прямого посева (без обработки), где после уборки предшественника применяли гербицид Торнадо 500, ВР – 2,5 л/га.

Опыт заложен в трехкратной повторности. Размещение повторений и делянок систематическое. Схема опыта построена по методу расщепленных делянок. Площадь делянок первого порядка (обработка почвы) – 390 м² (65 м × 6 м), второго порядка (удобрения) – 150 м² (25 м × 6 м), учетная площадь делянок – 80 м² (20 м × 4 м).

Приемы и системы обработки почвы изучали в зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница (пожнивню посев горчицы на сидерат) – кукуруза на зерно – ячмень – однолетние травы (горох+овес) – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень. Стационар заложен тремя полями севооборота.

В опыте высевали горох – сорт Дударь, норма высева 1,2 млн. всхожих зерен на 1 га. Наблюдения, анализы и учеты проводили согласно действующим методикам, принятым в полевых и лабораторных исследованиях по земледелию [9].

Результаты и обсуждение

Урожайность гороха (главный эффект) значительно изменялась по годам проведения исследований. В засушливом 2014 году (ГТК = 0,76 за вегетационный период) и 2016 чрезмерно влажном в начале вегетации и засушливом во второй половине она была незначительной и находилась в пределах от 1,48 т/га при вспашке на глубину 20-22 см до 0,89 т/га при нулевой обработке почвы. В 2016 году от 1,54 т/га при вспашке на глубину 20-22 см в комбинированной системе обработки почвы в севообороте до 0,87 т/га при нулевой обработке почвы.

Наиболее благоприятным для выращивания гороха сложился 2015 год (ГТК = 0,88). Урожайность гороха по изучаемым обработкам почвы находилась в пределах от 3,82 т/га при вспашке на глубину 14-16 см до 2,46 т/га при нулевой обработке почвы.

В среднем за три года наибольшая урожайность гороха независимо от фона удобренности была получена по отвальной обработке почвы (вспашка на глубину 14-16 и 25-27 см) и составила 2,17-2,26 т/га (табл. 1). Применение мелкой безотвальной и поверхностной обработок почвы под горох приводило к снижению урожайности на 0,24-0,33 т/га ($НСР_{05} = 0,22$ т/га). Минимальная урожайность гороха получена по нулевой обработке почвы и составила 1,41 т/га независимо от фона удобренности.

Уменьшение глубины обработки почвы в отвальной системе обработки (вспашка на глубину 14-16 см) в наименьшей степени (на 0,06 т/га) снижало урожайность зерна гороха относительно контроля.

Таблица 1

**Урожайность гороха при различных приемах основной обработки почвы
(среднее за 2014-2016 гг.), т/га**

Обработка почвы и глубина (фактор А)	Удобрение (фактор В)		Средняя (А) $НСР_{05}=0,22$
	без удобрений	$N_{60}P_{60}K_{60}$	
Вспашка на глубину 20-22 см (контроль)	2,09	2,37	2,23
Вспашка на глубину 25-27 см	2,15	2,37	2,26
Вспашка на глубину 14-16 см	2,12	2,22	2,17
Безотвальная на глубину 14-16 см	1,88	2,10	1,99
Комбинированная в севообороте (под горох вспашка на глубину 20-22 см)	1,99	2,25	2,12
Разноглубинная отвальная в севообороте (под горох вспашка на глубину 20-22 см)	2,12	2,29	2,20
Разноглубинная безотвальная в севообороте (под горох безотвальная на глубину 20-22 см)	1,87	1,94	1,90
Поверхностная на глубину 6-8 см	1,88	2,02	1,95
Нулевая обработка	1,45	1,37	1,41
Средняя (В), $НСР_{05}=0,07$	1,95	1,99	+0,09

$НСР_{05}=0,31$ т/га (для сравнения частных средних фактора А)

$НСР_{05}=0,21$ т/га (для сравнения частных средних фактора В)

В современном земледелии, с широким применением средств интенсификации, все большее значение приобретают приемы повышения эффективности от их применения. Исследования показали, что наибольшая прибавка от применения минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ д.в. на гектар под горох получена по отвальной обработке почвы – вспашке на глубину 20-22 см – 0,28 т/га. Безотвальная, поверхностная и нулевая обработки почвы снижали эффективность применения минеральных удобрений. Здесь увеличение урожайности гороха по сравнению с неудобренным фоном составило 0,08-0,22 т/га. Углубление пахотного слоя до 25-27 см, так же как и уменьшение глубины обработки до 14-16 см, несколько снизило эффективность применения минеральных удобрений. Прибавка урожайности гороха по этим приемам обработки составила 0,22 и 0,10 т/га.

Рост и развитие растений в значительной степени зависит от погодных условий и условий почвенного плодородия. К.А. Тимирязев (1937) считал, что «анализ почвы растением» является важнейшим методом изучения свойств почвы и эффективности агроприемов [10].

Изучение изменчивости биометрических параметров растений позволяет оценить, насколько благоприятными для роста и развития культуры были условия, складывающиеся в агроценозе, и какое регулирующее воздействие на эти условия оказали изучаемые в опыте факторы.

Результаты изучения всходов гороха свидетельствуют, что наибольшее количество всходов культуры было получено при отвальной обработке почвы, вспашке на глубину 20-22 см и на глубину 14-16 см (табл. 2). Безотвальная и поверхностная обработки почвы

обозначили четкую тенденцию снижения количества всходов гороха. Также некоторое уменьшение количества всходов гороха получено и при увеличении глубины вспашки до 25-27 см. Значительное уменьшение числа всходов гороха отмечалось по нулевой обработке почвы. В среднем по варианту густота их всходов составила 64,7 шт./м², что на 28,7 % ниже, чем на контроле. Кроме того, при поверхностной обработке почвы появление всходов гороха происходило с запозданием на 1-2 дня по сравнению со вспашкой, а на варианте с прямым посевом – на 6-9 дней.

Снижение полевой всхожести семян и опоздание появления всходов при прямом посеве установлено и в исследованиях Н.А. Зеленского (2014) [11]. Как считает В.В. Медведев (1982, 1988) [12] оптимальное строение посевного слоя на черноземных почвах создается, когда поверхностный надсеменной слой (0-4 см) состоит преимущественно из почвенных агрегатов крупнее 5 мм, а семенной (4-8 см) – менее 5 мм с незначительными колебаниями в зависимости от крупности семян. Такое строение верхней части пахотного слоя обеспечивает высокую водопроницаемость, противоэрозионную и противодефляционную устойчивость, снижает потери влаги на физическое испарение, и главное обеспечивает лучшую всхожесть семян, благодаря хорошему контакту семян с почвенными частицами.

Результаты изучения элементов структуры урожая гороха, полученные при различных способах обработки почвы, свидетельствуют (таблица 2), что наиболее высокие растения гороха были при отвальной обработке (вспашка на глубину 20-22 см). Высота растений составляла на фоне без удобрений 52,6 см, а на удобренном (N₆₀P₆₀K₆₀) фоне – 57,7 см. Увеличение и уменьшение глубины отвальной обработки почвы не оказывало влияния на высоту растений гороха по сравнению с контролем. На фоне без применения удобрений при мелкой безотвальной обработке на глубину 14-16 см прослеживается тенденция снижения высоты растений гороха по сравнению с отвальной обработкой на ту же (14-16 см) глубину.

Использование поверхностной и нулевой обработок почвы под горох приводило к значительному снижению темпов роста и, соответственно, высоты растений. Применение удобрений на этих обработках не привело к существенному увеличению высоты растений по сравнению с контролем. На всех остальных изучаемых вариантах обработки почвы внесение минеральных удобрений обеспечивало существенное увеличение высоты растений.

Наибольшее количество бобов на растении гороха было при отвальной обработке почвы – вспашке на глубину 20-22 см и 14-16 см и составило 5,8 штук на растение независимо от фона удобренности. При этом способы обработки почвы за исключением поверхностной и нулевой практически не оказывали влияния на формирование бобов на горохе, по сравнению с контролем. Выращивание гороха по поверхностной и нулевой обработкам почвы приводило к существенному снижению формирования численности бобов на одном растении. Кроме этого на варианте с нулевой обработкой почвы происходило существенное снижение количества зерен в бобах гороха, особенно при использовании ее без применения удобрений.

Максимальное количество зерен гороха на одно растение было получено по вспашке на глубину 20-22 см и мелкой вспашке на глубину 14-16 см – 25,0 и 23,5 штук, соответственно, независимо от фона удобренности. Поверхностная и нулевая обработки почвы приводили к существенному снижению озерненности растений гороха. Применение минеральных удобрений не обеспечило улучшение этого показателя при нулевой обработке почвы, он остался существенно ниже контроля. При поверхностной обработке почвы внесение удобрений способствовало увеличению озерненности растений гороха до уровня контрольного варианта без применения удобрений.

Максимальный вес зерна с одного растения был по вспашке на глубину 20-22 см и составил 4,5 г на безудобренном фоне и 5,1 г на удобренном. При увеличении и уменьшении глубины вспашки, а также при безотвальной обработке почвы была показана тенденция снижения массы зерна с одного растения. Поверхностная и нулевая обработки почвы приводили к существенному снижению массы зерна на одном растении.

Таблица 2

Густота всходов и структура урожая гороха при различных способах основной обработки почвы, среднее за 2014-2016 гг.

Обработка почвы и глубина	Фон	Густота всходов, шт./м ²	Высота растений, см	Количество бобов на растении, шт.	Количество зерен на одном растении, шт.	Вес зерна с одного растения, г	Масса 1000 зерен, г	Количество зерен в 1 бобе, шт
Вспашка на глубину 20-22 см	а*	89,3	52,6	5,4	23,2	4,5	206,1	4,3
	б	92,3	57,7	6,2	26,7	5,1	199,0	4,3
Вспашка на глубину 25-27 см	а	85,8	52,1	5,3	22,3	4,4	202,7	4,2
	б	93,5	54,4	6,0	24,0	4,7	188,1	4,0
Вспашка на глубину 14-16 см	а	92,5	52,3	5,6	23,0	4,1	195,9	4,1
	б	88,3	57,6	6,1	24,4	4,7	195,8	4,0
Безотвальная на глубину 14-16 см	а	85,7	49,4	5,1	21,9	4,2	197,5	4,3
	б	82,5	56,4	5,8	23,2	4,5	187,6	4,0
Поверхностная на глубину 6-8 см	а	82,0	48,3	4,9	19,1	3,8	193,1	3,9
	б	78,0	51,8	5,5	23,1	4,3	187,3	4,2
Нулевая	а	60,2	46,4	4,8	17,8	3,6	184,6	3,7
	б	69,2	44,1	5,3	21,2	4,2	180,6	4,0
НСР ₀₅ обработка	а	10,3	5,7	0,8	4,1	0,8	31,3	0,6
	б	7,2	4,0	0,5	2,9	0,6	22,1	0,4
НСР ₀₅ удобрение	а	12,4	4,8	0,8	4,4	0,9	17,1	0,8
	б	5,1	2,0	0,3	1,8	0,4	7,0	0,3

*Примечание: а – без удобрений, б–N₆₀P₆₀K₆₀

Максимальная масса 1000 зерен гороха была при вспашке на глубину 20-22 см и составила в зависимости от фона удобренности, соответственно, 206,1 и 199,0 г. Обработки почвы и применение удобрений оказывали незначительное влияние на массу 1000 зерен. Даже при нулевой обработке не происходило существенного снижения массы 1000 зерен, что объясняется увеличением площади питания растений в связи с меньшим их количеством на единице площади.

В ранее проводимых исследованиях в многолетнем стационарном опыте по изучению различных систем обработки почвы в севообороте было установлено, что горох очень чувствителен к минимализации обработки почвы. Уменьшение глубины вспашки в отвальной системе обработки почвы и насыщение системы обработки почвы в севообороте безотвальными рыхлениями приводило к снижению продуктивности гороха и эффективности применяемых удобрений. Увеличение доли безотвальной обработки почвы в системе севооборота до 60% уже приводило к достоверному снижению урожайности гороха. Наибольшее снижение урожайности отмечалось при безотвальной системе обработки почвы в зернопропашном севообороте.

Наибольшее снижение урожайности отмечалось при безотвальной системе обработки почвы; при разноглубинной плоскорезной обработке оно составило 0,24 т/га, на удобренном фоне – 0,31 т/га (НСР₀₅ = 0,18 т/га), при рыхлении плугом без отвалов на глубину 25-27 см – 0,14 т/га независимо от фона удобренности (НСР₀₅ = 0,13 т/га). Увеличение глубины вспашки, усиление оборачиваемости обрабатываемого слоя (ежегодная разноглубинная вспашка двухъярусным плугом), также как и безотвальные обработки не приводили к повышению продуктивности гороха и эффективности применяемых удобрений.

Заключение

В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР наибольшая урожайность гороха и эффективность применяемых удобрений получена при отвальной обработке почвы вспашке на глубину 14-16 и 20-22 см. В засушливые и нормальные по увлажнению годы наибольшая эффективность от применения удобрений получена при внесении их под вспашку. Безотвальные приемы, поверхностная и нулевая обработки почвы, обеспечивающие поверхностное сосредоточение используемых минеральных удобрений, снижают эффективность их применения. Во влажные годы эффективность минеральных удобрений мало изменяется в зависимости от способа обработки почвы.

Литература

1. Мартыанова А.И. Зернобобовые: распространение, заготовки, химический состав и ценность. // Зерновые культуры. – 2001. – №1. – С. 24-25.
2. Морозов В. И. Средообразующие функции зернобобовых культур при биологизации севооборотов лесостепи Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 1. – С. 3-15
3. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. – М.: РАН. – 2019. – 252 с.
4. Котлярова Е.Г., Лубенцов С.М. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания гороха на зерно // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 34–35.
5. Черкасов Г.Н., Пыхтин, И.Г., Гостев А.В. Возможности применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в различных регионах // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 13-16.
6. Гармашов В.М. Плодородие чернозема обыкновенного и урожайность культур зернопропашного севооборота при различных способах обработки почвы. Мат. Международ. науч.-практ. конференц. Биологизация земледелия: перспективы и реальные возможности, 14-15 ноября 2019 г. – Воронеж. – 2019. – С. 282-294.
7. Трофимова Т.А., Коржов С.И., Гулевский В.А., Образцов В.Н. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимализации основной обработки почвы / Почвоведение. – 2018. – Т. 51. – № 9. – С. 1080-1085.
8. Королев В.А., Громовик А.И., Боронтов О.К. Изменение основных показателей плодородия чернозема выщелоченного при разных способах основной обработки/ Почвоведение. – 2016. – Т. 49. – № 1. – С. 95-101.
9. Дослехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. – М.: Агропромиздат. – 1987. – 383 с.
10. Тимирязев К.А. Борьба растений с засухой. Сочинения Т. 3. – М.: Сельхозгиз. – 1937. – С. 123-178.

11. Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Шуркин А.Ю. Урожайность подсолнечника при различных технологиях обработки почвы // Защита и карантин растений. – 2014. – № 9. – С. 44-47.
12. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. – М.: Агропромиздат. – 1988. – 158 с.

References

1. Mart'yanova A.I. Legumes: distribution, procurement, chemical composition and value. *Zernovye kul'tury — Cereal crops*, 2001, no.1, pp. 24-25. (In Russian)
2. Morozov V. I. The environment-forming functions of leguminous crops during the biologization of crop rotation of the Volga forest-steppe. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2010, no. 1., pp. 3-15. (In Russian)
3. Zavalin A.A., Sokolov O.A., Shmyreva N.Ya. Ecology of nitrogen fixation, M.: RAN, 2019, 252 p. (In Russian)
4. Kotlyarova E.G., Lubentsov S.M. Economic and energy efficiency of cultivating peas for grain. *Zemledelie – Agriculture*, 2013, no. 8, pp. 34–35. (In Russian)
5. Cherkasov G.N., Pykhtin, I.G., Gostev A.V. Possibilities of applying zero and surface methods of primary tillage in various regions. *Zemledelie – Agriculture*, 2014, no. 5, pp. 13-16. (In Russian)
6. Garmashov V.M. [Fertility of ordinary chernozem and crop yields of grain cultivated crop rotation under various methods of tillage]. *Materialy Mezhdunarod. nauch.-prakt. konferents. Biologizatsiya zemledeliya: perspektivy i real'nye vozmozhnosti* [Materials Int.. scientific-practical conference “Agriculture biologization: prospects and real opportunities” 14-15 Nov. 2019] – Voronezh, 2019, pp. 282-294. (In Russian)
7. Trofimova T.A., Korzhov S.I., Gulevskii V.A., Obraztsov V.N. Assessment of the degree of physical degradation and the suitability of chernozems to minimize primary tillage. *Pochvovedenie – Soil Science*, 2018, Vol. 51, no. 9, pp. 1080-1085. (In Russian)
8. Korolev V.A., Gromovik A.I., Borontov O.K. Changes in the basic indicators of the fertility of leached chernozem with different methods of primary processing. *Pochvovedenie – Soil Science*, 2016, Vol. 49, no. 1, pp. 95-101. (In Russian)
9. Dospekhov B.A., Vasil'ev I.P., Tulikov A.M. Agriculture Workshop, M.: *Agropromizdat Publ*, 1987, 383 p. (In Russian)
10. Timiryazev K.A. Plant control with drought. Works Vol. 3, M.: *Sel'khozgiz Publ*, 1937, pp. 123-178. (In Russian)
11. Zelenskii N.A., Zelenskaya G.M., Shurkin A.Yu. Sunflower yield with various tillage technologies. *Plant Protection and Quarantine*, 2014, no. 9, pp. 44-47. (In Russian)
12. Medvedev V.V. Optimization of agrophysical properties of chernozems, M.: *Agropromizdat Publ*, 1988, 158 p. (In Russian)