

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.777-785>  
УДК 633.791:631.51



## Влияние щелевания междурядий на урожайность хмеля и общие физические свойства почвы

© 2020. В. В. Леонтьева<sup>✉</sup>, Д. А. Дементьев, А. А. Фадеев  
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

*В условиях Чувашской Республики изучали влияние щелевания междурядий на урожайность хмеля и водно-физические свойства серой лесной почвы. Щелевание проводили в течение 2017-2019 гг. осенью после завершения уборочных работ (конец сентября-начало октября) на хмелеплантациях сорта Подвязный. Обработку щелевателем ШХ-1,6 (Чехия) осуществляли на глубину 50 и 65 см с различной периодичностью (ежегодно и через три года). Контроль – общепринятая обработка без использования щелевателя с осенним рыхлением междурядий на глубину 20 см. Исследования показали, что использование щелевателей на глубину 50 и 65 см улучшило аэрацию и водопроницаемость почвы (удельный вес слоя почвы 20-25 см снизился на 0,1-0,2 г/см<sup>3</sup>, объёмный вес – на 0,1-0,3 г/см<sup>3</sup>) и способствовало повышению урожайности хмеля на 1,4-3,1 ц/га (НСР<sub>05</sub> = 1,3 ц/га) по сравнению с общепринятой обработкой междурядий (20,9 ц/га). На содержание альфа-кислот в шишках хмеля щелевание междурядий хмельников не повлияло. Удельный вес слоя почвы 50-55 см существенно снизился во всех вариантах щелевания в сравнении с контролем. Наибольшая увлажнённость глубоких слоев почвы (30-55 см) достигалась при общепринятой обработке совместно с ежегодным осенним щелеванием до 50 см. Все исследуемые варианты в сравнении с контролем дали существенную прибавку урожая шишек хмеля. В производство можно рекомендовать вариант с наименьшими затратами на глубокую обработку почвы – ежегодная обработка верхнего слоя почвы совместно с осенним щелеванием раз в 3 года на глубину 50 см.*

**Ключевые слова:** щелевание почвы, обработка междурядий хмеля, плотность почвы, урожайность хмеля, альфа-кислоты в шишках хмеля, удельный вес почвы, влажность почвы

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0092).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Леонтьева В. В., Дементьев Д. А., Фадеев А. А. Влияние щелевания междурядий на урожайность хмеля и общие физические свойства почвы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):777-785. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.777-785>

Поступила: 26.02.2020

Принята к публикации: 20.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## The effect of slotting between rowson hop yield and on the general physical characteristics of the soil

© 2020. Valentina V. Leontieva<sup>✉</sup>, Dmitrii A. Dementiev, Andrey A. Fadeef  
Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirou, Russian Federation

*In the conditions of the Chuvash Republic, the effect of slotting between rowson hop yield and on the water-physical properties of gray forest soil was studied. Soil slotting was used during 2017-2019 in autumn after the completion of harvesting operations (late September-early October) on hop plantations of the Podvyazny variety. Tillage with a SCHX-1.6 slotting device (Czech Republic) was carried out to the depth of 50 and 65 cm at different time intervals (annually and three years later). As the control, there was taken the conventional tillage without the use of a paraplow combined with autumn tillage of row spacing to a depth of 20 cm. Studies have shown that the use of a paraplow to a depth of 50 and 65 cm improved the aeration and water permeability of the soil (the specific weight of the 20-25 cm soil layer decreased by 0.1-0.2 g/cm<sup>3</sup>, the volume weight of the same layer by 0.1-0.3 g/cm<sup>3</sup>) and contributed to an increase in hop yield by 1.4-3.1 centners per hectare (LSD<sub>05</sub> = 1.3 centners/ha) compared to the conventional tillage of row spacing (20.9 centners/ha). The content of alpha-acids in hop cones was not affected by slotting between the rows of hops. The specific weight of the 50-55 cm soil layer significantly decreased in all variants in comparison with the control. The highest moisture content of the deep layers of the soil (30-55 cm) was achieved with conventional tillage combined with annual autumn slotting to 50 cm depth. All the studied variants in comparison with the control give a significant increase in the yield of hop cones. For the production, the variant with the lowest costs for deep tillage should be recommended. It is the annual processing of the top soil layer combined with the autumn slotting every 3 years to 50 cm depth.*

**Key words:** soil slotting, tillage of row spacing of hops, soil density, yield of hops, alpha acids in hops cones, specific weight of the soil, soil moisture

**Acknowledgement:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No.0767-2019-0092).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

*Conflict of interest:* the authors stated that there was no conflict of interest.

*For citation:* Leontieva V. V., Dementiev D. A., Fadeef A. A. The effect of slotting between rows on hop yield and on the general physical characteristics of the soil. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):777-785. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.777-785>

Received: 26.02.2020

Accepted for publication: 20.11.2020

Published online: 10.12.2020

Катастрофическое сокращение площадей со времён Советского Союза под такой востребованной мировым сообществом культурой, как хмель, приводит к необходимости усовершенствования методики возделывания для интенсификации получения продукции [1, 2]. Хмель очень требователен к почвам. Хорошие урожаи хмеля можно получить только на плодородных почвах. Для нормального роста и развития растений хмеля почва должна обладать хорошими физическими свойствами, а именно: достаточной влагоемкостью, благоприятным тепловым и воздушным режимом, невысокой плотностью и хорошей структурой. Такие свойства присущи рыхлым почвам. На уплотненных почвах растения испытывают недостаток воды и воздуха. Если уплотнение горизонтов почвы и подпочвы очень сильное (1,5-1,6 г/см<sup>3</sup>), то корневая система растения не в состоянии проникнуть в них и развиваться [3, 4, 5, 6].

Хмель (*Humulus lupulus* L.) имеет мощную и глубоко проникающую корневую систему, которая нуждается в большом притоке влаги, хорошей порозности и проницаемости воздуха к глубинным слоям для обеспечения нормальной жизнедеятельности всего растения. При использовании хмельников в течение 13-16 лет, а иногда и больше, почва междурядий, а особенно слои ниже 25 см от поверхности, из-за многократных обработок, передвижений всевозможной техники подвергаются сильному уплотнению. Значительно ухудшаются ее водно-физические свойства, аэрация. За период апрель-сентябрь междурядья подвергаются поверхностной обработке до 5-6 раз, внесению гербицидов, опрыскиванию против вредителей и болезней 5-6 раз. Хмель также многократно подвергается механическому воздействию во время навешивания поддержек и вывоза лозы хмеля с плантаций, обрезке главных корневищ, внесении минеральных удобрений, известковании и т. д. При выполнении различных видов работ в междурядья заезжают такие виды тяжеловесных машин, как МТЗ-82, МТЗ-921, ВХ-4, ВГХ-5,2 и т. д., у которых коэффициент давления шин на почву достигает 2 кг/см<sup>2</sup>, иногда выше. По агротехни-

ческим правилам он не должен превышать 1 кг/см<sup>2</sup> [7, 8, 9, 10].

По общепринятой технологии в настоящее время междурядья хмельников обрабатываются на глубину не более 25-28 см [10, 11]. Во времена Советского Союза через каждые 3 года на хмельники вносили органические удобрения в виде навоза, после чего междурядья подвергали отвальной обработке на указанную глубину. Это способствовало оструктурированию почвы и снижению ее плотности. На данный момент, в связи со значительными сокращениями поголовья скота, количество вносимого навоза сводится, практически, к нулю. Чтобы компенсировать существенные потери органического вещества, необходимо проводить периодическую сидерацию хмелевых плантаций. При других обработках глубина не превышает 22-25 см.

Хмельники Чувашского НИИСХ размещены на средне- и тяжелосуглинистых почвах, материнской породой которых служат элювий юрской глины, лёссовидные суглинки и глины с большой плотностью. Поэтому необходимо рыхление наиболее активного слоя глубиной 50-65 см, где расположена основная масса корней хмеля. Этот слой аккумулирует значительный запас продуктивной влаги, почти все элементы питания и большую часть анаэробной почвенной микрофлоры. Глубокое щелевание снимает плотность почвы, повышает аэрацию, водо- и воздухопроницаемость, усиливает микробиологическую деятельность и т. д., что, в конечном счете, должно повысить урожайность хмеля [12, 13, 14].

*Научная новизна* исследований заключается в том, что в России уже длительное время не проводятся исследования о воздействии различных обработок почвы под хмельниками, и на данный момент хмелеводческие хозяйства работают, придерживаясь рекомендаций, выпущенных более 30 лет назад, с учётом современной техники. Многократные проходы техники по междурядьям в течение сезона существенно уплотняют подпочвенный горизонт, что отрицательно сказывается на урожайности культуры хмеля. В связи с этим была поставлена задача разуплотнения корнеобитаемого слоя почвы под хмельниками.

**Цель исследования** – выявить влияние глубокого щелевания междурядий на урожайность хмеля и водно-воздушные свойства почвы.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2017-2019 годах на хмелеплантации сорта Подвязный в Чувашском НИИСХ – филиале ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого». Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая ( $pH_{KCl} - 5,2$ , сумма поглощённых оснований  $11,8$  мг-экв/100 г почвы, содержание гумуса  $3,1$  %, подвижного фосфора  $390$  мг/кг, подвижного калия –  $166$  мг/кг). Повторность опыта трёхкратная. Схема посадки растений  $2,5 \times 1,0$  м, площадь делянок  $135$  м<sup>2</sup>. Размещение делянок рендомизированное.

Щелевание междурядий проводили чешским щелевателем ЩХ-1,6 с использованием трактора тягового класса 3,0 после завершения уборки урожая хмеля (в сентябре). Ширина захвата щелевателя  $1,5$  м, расстановка трех стоек через  $0,75$  м, крайние корпуса проходят на расстоянии  $50$  см от центра ряда с обеих сторон, средний – посередине междурядья.

В июне 2019 г. проводили определение влажности почвы послойно через каждые  $10$  см до глубины  $50$  см. По тем же слоям определяли объемный и удельные веса почвы весовым и пикнометрическим методами<sup>1</sup>.

Во время уборки проводили поделяночный учет урожая хмеля весовым методом, отобраны средние образцы шишек хмеля для лабораторного анализа. Содержание альфа-кислот определяли кондуктометрическим методом по ГОСТ<sup>2</sup>.

Математическую обработку данных по урожайности и качеству шишек хмеля проводили методом дисперсионного анализа данных однофакторного полевого опыта по Б. А. Доспехову<sup>3</sup>.

Схема опыта:

- Общепринятая обработка – контроль.
- Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на глубину  $50$  см.
- Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на глубину  $50$  см.
- Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на глубину  $65$  см.

Общепринятая обработка междурядий включала: весеннее закрытие влаги; трёхкратную культивацию с боронованием; двукратное окучивание рядков хмеля с локальным внесением удобрений; осеннее глубокое рыхление междурядий (до  $20$  см). При применении осеннего щелевания данная операция заменяет собой осеннее глубокое рыхление междурядий.

**Результаты и их обсуждение.** Ввиду аномально теплых зим за последние годы, условия перезимовки для растений хмеля были благоприятными. В 2017 году вегетация хмеля началась в третьей декаде мая и сопровождалась обильными осадками с градом и шквалистым ветром. Осадков в мае выпало  $126$  % от средней многолетней нормы. В целом за период активной вегетации растений (май-август) средняя температура воздуха составила  $15,7$  °С, сумма активных температур не превышала  $1777$  °С, сумма выпавших осадков –  $285,9$  мм.

Такие климатические условия оказали не самое благоприятное влияние на развитие растений хмеля. Неравномерный рост и развитие растений, отставание в формировании надземной части в мае-июне, несмотря на интенсивный рост и быстрое развитие в июле при более благоприятных условиях после прошедших дождей, не позволило испытываемым растениям в достаточной степени реализовать свой потенциал.

Холодные условия весны с небольшими ночными заморозками и низкой дневной температурой, не превышающей  $10,5$  °С, задержали всходы хмеля на две недели. Дата их полного появления с  $20$  по  $24$  мая. Наблюдения за ростом и развитием растений хмеля показали различия в прохождении фенологических фаз и продолжительности межфазных периодов в условиях 2017 года. Цветение наступило на неделю позднее обычного, формирование шишек шло согласно срокам, а вот техническая спелость шишек проходила в сжатые сроки. Оценка состояния испытываемых растений показала, что они развивались неравномерно. Благодаря достаточному обеспечению влагой все растения достигли верха шпалеры, но только лишь к III декаде июля.

<sup>1</sup>ГОСТ 5180-15 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2019. 23 с. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200126371>

<sup>2</sup>ГОСТ 32912-2014 Хмелепродукты. Общие технические условия (Переиздание). М.: Стандартинформ, 2019. 16 с. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200114739>

<sup>3</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Однако из-за недостатка тепла и освещенности появление боковых побегов по своему характеру значительно отличалось от обычного – основной стебель всходил уже с образовавшимися боковыми побегами, развивались они высоко над уровнем земли, длинные, но с незначительным количеством шишек. У большинства растений основная масса шишек сформировалась в верхней трети растения. Для роста боковых побегов и цветения оптимальной считается среднесуточная температура 19 °С [15]. В аномальных погодных условиях 2017 года сформировался биологический урожай хмеля на уровне 18,5 ц/га.

В 2018 году вегетация хмеля началась во второй, третьей декадах мая и сопровождалась сухими и холодными погодными условиями. Осадков в мае выпало 85 % от средней многолетней нормы. Для всходов растений хмеля эти условия приемлемые. Вегетация его началась во второй декаде мая и сопровождалась сухими умеренно теплыми погодными условиями. В целом за период активной вегетации растений (май-август) средняя температура воздуха составила 18,7 °С, сумма активных температур была на уровне 2646 °С, сумма выпавших осадков – 155,3 мм. Рост и развитие растений хмеля проходили в соответствии с нормальными температурно-влажностными характеристиками для региона исследований.

Негативным моментом было то, что в конце мая и начале июня наблюдались ночные заморозки, в результате на многих растениях пожелтели листья и подмерзли верхушки растений, ненадолго замедлились рост растений и развитие боковых побегов. Дальнейшее развитие в начале июля при благоприятных условиях после прошедших дождей и подкормки минеральными удобрениями позволило испытываемым растениям в достаточной степени реализовать свой потенциал. В результате был выращен хмель с урожайностью 25,2 ц/га.

Оценка состояния испытываемых в 2018 году растений показала их равномерное развитие. Массовые всходы отмечены 18 мая. Верхушки растений достигли в I-II декадах июля. Цветение началось в конце июля - начале августа. Эти фазы развития проходили в условиях недостатка влаги на фоне высокого температурного режима. Шишки хмеля формировались со II декады августа по I декаду сентября в основном в верхней и средней частях растения. В связи с установившейся жарой

созревание шишек наступило на 4-5 дней раньше.

Весна 2019 года выдалась ранней. К полевым работам приступили в середине второй декады апреля. К концу апреля закончили боронование и обрезку главных корневых хмеля. Вегетация хмеля началась рано и сопровождалась сухими теплыми погодными условиями вплоть до дождливой середины мая. Осадков в мае выпало 138,2 % от средней многолетней нормы. На протяжении всего вегетационного периода роста и развития растений хмеля температурный режим был благоприятным, средняя температура воздуха составляла 17,9 °С, сумма активных температур была на уровне 2303 °С, сумма выпавших осадков – 243,3 мм.

Такие климатические условия позволили испытываемым растениям максимально реализовать свой потенциал.

Погодные условия были благоприятны для всходов растений хмеля. Вегетация его началась в первой декаде мая и сопровождалась сухими теплыми и даже жаркими (в отдельные дни температура достигала 27 °С) погодными условиями. Конец мая и начало июня сопровождалось обильными дождями, которые затрудняли работу на хмельниках. Избыток влаги с благоприятным температурным режимом способствовал быстрому росту растений и развитию боковых побегов. Благоприятные почвенно-климатические условия и применение подкормки минеральными удобрениями позволили изучаемым растениям в достаточной степени реализовать свой потенциал.

Оценка состояния испытываемых в 2019 году растений показала, что растения развивались равномерно. Массовые всходы отмечены 5-9 мая. Верхушки растений достигли в III декаде июня – I декаде июля. Цветение началось в конце июля – начале августа. Период цветения проходил своеобразно: с одного куста заводилось две поддержки по 2 стебля, которые созревали по-разному. Если на первой поддержке хмель еще цвел, то, в то же время, на второй уже сформировались полноценные шишки. Формирование шишек проходило в большом разбросе с I декады августа по I декаду сентября.

Цветение и формирование шишек проходили в период избыточного влагообеспечения, что способствовало получению большого количества шишек хмеля и соответственно

высоких урожаев. Основная масса шишек формировалась в верхней и средней трети растения. Благоприятные погодные условия способствовали формированию достаточно высокого биологического урожая хмеля (до 28,1 ц/га).

Рост и развитие растений хмеля между вариантами заметно не отличались.

По вариантам опыта в июне проведено послейное определение удельного веса, объёмного веса и предельно-полевой влагоёмкости. Удельный вес – это вес твердой фазы поч-

вы в единице объема (табл. 1). Так как верхний слой почвы 0-20 см периодически обрабатывался с начала весны, изменение его показателей в исследовании влияния глубокого рыхления на почву не приводится. Существенное изменение в показателях удельного веса почвы по вариантам наблюдалось в слое 20-25 см при ежегодном щелевании. Наибольший удельный вес на глубине 50-55 см отмечен в контроле – без глубокой обработки почвы, существенно ниже – при использовании щелевания.

*Таблица 1 – Удельный вес почвы по вариантам обработки междурядий посадок хмеля, г/см<sup>3</sup>*

*Table 1 – Specific weight of the soil by the variants of tilling the row spaces between rows of hops, g/cm<sup>3</sup>*

Вариант / Variant	Глубина взятия образца, см / The depth of sampling, cm			
	20-25	30-35	40-45	50-55
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	2,0	2,1	2,1	2,6
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	1,8	2,0	2,1	2,1
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	2,0	2,2	2,2	2,1
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	1,9	2,2	2,3	2,1
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,13	0,11	0,13	0,32

Объемный вес почвы – это вес единицы объема абсолютно сухой почвы с ненарушенным сложением. Он является важным показателем степени рыхлости, плотности почвенной среды, изменяется в зависимости от приемов обработки и т. д.

Наилучшие условия для роста и развития корневой системы растений хмеля на серых лесных тяжелосуглинистых почвах создаются при плотности сложения пахотного

слоя от 1,09 до 1,27 г/см. При проведении минимального количества обработок происходит уплотнение почвы и ее показатель возрастает до 1,34 г/см [16].

При разноглубинном щелевании междурядий хмеля существенное снижение объёмного веса наблюдалось в слое 20-25 см при ежегодном щелевании и значительное повышение показателя в слое 50-55 см при периодическом щелевании на глубину 50 и 65 см (табл. 2).

*Таблица 2 – Изменение объёмного веса почвы в зависимости от вариантов обработки почв междурядий посадок хмеля, г/см<sup>3</sup>*

*Table 2 – Change in the volume weight of the soil depending on the variants of tilling the row spaces between rows of hops, g/cm<sup>3</sup>*

Вариант / Variant	Глубина взятия образца, см / The depth of sampling, cm			
	20-25	30-35	40-45	50-55
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	1,5	1,3	1,5	1,4
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	1,2	1,3	1,6	1,5
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	1,4	1,4	1,5	1,6
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	1,3	1,4	1,4	1,6
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,21	0,08	0,14	0,12

Исследуемые варианты обработки существенно повлияли на изменение влажности разноглубинных слоев почвы (табл. 3). Как показывают данные таблицы, только контрольный вариант с поверхностной обработкой имел большую увлажненность в слое, близком к пахотному, но далее содержание влаги уменьшалось в сравнении с вариантами,

имеющими глубокую обработку. Наибольшая увлажненность глубоких слоев (30-55 см) была при общепринятой обработке совместно с ежегодным осенним щелеванием до 50 см. Щелевание до 65 см раз в 3 года позволило накопить больше влаги в слое (50-55 см) в сравнении с периодическим щелеванием на глубину до 50 см.

**Таблица 3 – Изменение влажности почвы в зависимости от вариантов обработки почв между рядами посадок хмеля, % /**

**Table 3 – Change in soil moisture depending on the variants of soil tillage between rows of hops, %**

Вариант / Variant	Глубина взятия образца, см / The depth of sampling, cm			
	20-25	30-35	40-45	50-55
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	24,4	24,4	23,1	22,2
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	21,8	29,2	26,7	27,3
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	23,2	27,3	26,4	20,6
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	22,2	27,8	26,1	25,4
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	2,1	2,9	1,4	3,8

По итогам трех лет исследований при щелевании между рядами хмельников урожайность увеличилась на 1,4-3,1 ц/га относительно контроля. Максимальный урожай отмечен в варианте «общепринятая технология + осеннее

щелевание через 3 года на глубину 50 см», который имеет среднее значение 24,0 ц/га. Этот вариант является оптимальным, при котором урожайность повышается по сравнению с контролем на 3,1 ц/га или 14,8 % (табл. 4).

**Таблица 4 – Урожайность хмеля сорта Подвязный в зависимости от вариантов обработки между рядами, ц/га /**

**Table 4 – Yield of hops of the Podvyazny variety depending on the variants of tillage between rows, c/ha**

Вариант / Variant	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее / Average	Отклонение от контроля / Deviation from control	
					ц/га / c/ha	%
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	18,0	22,7	22,0	20,9	-	-
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	18,5	24,8	23,5	22,3	+1,4	6,7
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	18,5	25,3	28,1	24,0	+3,1	14,8
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	18,2	25,1	27,1	23,5	+2,6	12,4
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	-	-	1,3	-

В отобранных во время уборки средних образцах шишек определяли содержание альфа-кислот. По результатам исследований,

щелевания междурядий в течение трех лет не повлияло на содержание альфа-кислот в шишках хмеля (табл. 5).

*Таблица 5 – Содержание альфа-кислот в шишках хмеля сорта Подвязный, % / Table 5 – Alpha-acid content in hop cones of the Podvyazny variety, %*

<i>Вариант / Variant</i>	<i>2017 г.</i>	<i>2018 г.</i>	<i>2019 г.</i>	<i>Среднее / Average</i>
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	5,1	5,6	5,2	5,3
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	5,4	5,8	5,3	5,5
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	5,2	5,5	5,3	5,3
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	4,9	5,8	5,3	5,3
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	-	0,22

Щелевание на глубину 50-65 см оказало благоприятное влияние на улучшение аэрации, водопроницаемости почвы и способствовало повышению урожайности хмеля. Наилучший результат по урожайности достигнут при традиционной поверхностной обработке почвы совместно с щелеванием на 50 см раз в 3 года.

**Заключение.** Глубокое щелевание почвы на хмельниках оказывает благоприятное влияние на её водно-воздушные свойства, что способствует повышению урожая хмеля.

Щелевание междурядий плантаций хмеля рекомендуется проводить каждый год на глубину 50 см, но обработка раз в 3 года также оказывали на почву положительный результат. На увеличение содержания влаги в почве наилучшее воздействие оказала комбинированная обработка почвы: поверхностная и ежегодное щелевание на 50 см. Наиболее отзывчивый к обработке слой почвы 20-25 см.

Максимальную прибавку урожая в среднем за три года (3,1 ц/га) обеспечило периодическое щелевание почвы на глубину 50 см. Обработка раз в 3 года на глубину 65 см влияла положительно на урожайность шишек хмеля (+2,6 ц/га к контролю).

На содержание альфа-кислот в шишках хмеля щелевание междурядий не повлияло.

С учётом того, что стоимость обработки одного гектара хмельников с расходами на топливо и заработную плату механизатору с отчислениями составит для щелевания на 50 см – 1072 руб., на 65 см – 1250 руб., в производство можно рекомендовать вариант с наибольшей урожайностью и наименьшими затратами на глубокую обработку почвы – ежегодная обработка верхнего слоя почвы совместно с осенним щелеванием раз в 3 года на глубину 50 см.

#### **Список литературы**

1. Иванова А. О., Дементьев Д. А. Состояние хмелеводства в Чувашской республике. Международный научный сельскохозяйственный журнал. 2019;(2):20-25. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39204995>
2. Леонтьева В. В. Сортотипы хмеля обыкновенного. Международный научный сельскохозяйственный журнал. 2019;(3):25-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41806549>
3. Lipiec J., Natano R. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. Geoderma. 2003;116(1-2):107-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00097-1)
4. Weemstra M., Sterck F. J., Visser E. J. W., Kuypers T., Goudzwaard L., Mommer L. Fine-root trait plasticity of beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*) forests on two contrasting soils. Plant and Soil. 2017;415:175-188. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3148-y>
5. Кафтан Ю. В., Зенкова Н. А. Агрофизические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в севооборотах. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019;(3(77)):27-30. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39200811>
6. Manik S., Pengilley G., Dean G., Field B., Shabala S., Zhou M. Soil and crop management practices to minimize the impact of waterlogging on crop productivity. Frontiers in plant science. 2019;10:140. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00140>

7. Renčín L., Polcar A., Bauer F. The Effect of the Tractor Tires Load on the Ground Loading Pressure. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017;65:1607-1614. DOI: <https://doi.org/10.11118/actaun201765051607>
8. Akinsunmade A., Tomecka-Suchoń S., Pysz P. Correlation between agrotechnical properties of selected soil types and corresponding GPR response. *Acta Geophysica*. 2019;67:1913-1919. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00349-4>
9. Кувшинов Н. М. Эффективность применения орудий с активными рабочими органами в качестве приемов предпосевной обработки серых лесных почв Нечерноземной зоны России. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017;(1(59)):23-31. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28305715>
10. Bluett C., Tullberg J. N., McPhee J. E., Antille D. L. Soil and Tillage Research: Why still focus on soil compaction? *Soil and Tillage Research*. 2019;194:104282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.028>
11. Дмитриев Ю. П., Медведев В. И., Акимов А. П., Дмитриева О. Ю., Дмитриев С. Ю., Максимов А. Н., Андреев В. А. Машинные технологии для возделывания хмеля. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2018;13(2(49)):86-92. DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5b3506e7938e47.51294573](https://doi.org/10.12737/article_5b3506e7938e47.51294573)
12. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М. Results of the combined soil-cultivating unit production tests. *Сельский механизатор*. 2016;(8):10-11.
13. Добышев А. С., Пузевич К. Л., Данатаров А., Ашыров С., Мухамметмырадов К. Обоснование технологий и технических средств обработки почвы в условиях Туркменистана. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014;(1):179-184. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-tehnologiy-i-tehnicheskikh-sredstv-obrabotki-pochvy-v-usloviyah-turkmenistana>
14. Ebrahim-Zadeh G., Bayat H., Sinangani A. A. S., Abyaneh H. Z., Vereecken H. Investigating the correlation between soil tensile strength curve and soil water retention curve via modeling, *Soil and Tillage Research*. 2017;167:9-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.11.002>
15. Захаров А. И. Интенсификация технологии возделывания хмеля. *Успехи современного естествознания*. 2016;(1):76-80. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25458773>
16. Smirnov P. A., Makushev A. E., Kazakov Y. F., Medvedev V. I., Vasilyev A. O., Andreev R. V. Influence of types of tractor running gears on the value of hop garden row spacing compaction. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019;57(1):19-28. URL: <http://oaji.net/articles/2019/1672-1557071687.pdf>

### References

1. Ivanova A. O., Dementiev D. A. *Sostoyanie khmelevodstva v Chuvashskoy respublike*. [The state of hop growing in the Chuvash Republic]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* = International Research Journal. 2019;(2):20-25. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39204995>
2. Leontieva V. V. *Sortotipy khmelya obyknovennogo*. [The types of hops ordinary]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* = International Research Journal. 2019;(3):25-27. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41806549>
3. Lipiec J., Hatano R. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma*. 2003;116(1-2):107-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00097-1)
4. Weemstra M., Sterck F. J., Visser E. J. W., Kuyper T., Goudzwaard L., Mommer L. Fine-root trait plasticity of beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*) forests on two contrasting soils. *Plant and Soil*. 2017;415:175-188. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3148-y>
5. Kaftan Yu. V., Zenkova N. A. *Agrofizicheskie svoystva pochvy i urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v sevooborotakh*. [Influence of agro-physical properties of soil on farm crop yields in crop rotations]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019;(3(77)):27-30. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39200811>
6. Manik S., Pengilley G., Dean G., Field B., Shabala S., Zhou M. Soil and crop management practices to minimize the impact of waterlogging on crop productivity. *Frontiers in plant science*. 2019;10:140. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00140>
7. Renčín L., Polcar A., Bauer F. The Effect of the Tractor Tires Load on the Ground Loading Pressure. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017;65:1607-1614. DOI: <https://doi.org/10.11118/actaun201765051607>
8. Akinsunmade A., Tomecka-Suchoń S., Pysz P. Correlation between agrotechnical properties of selected soil types and corresponding GPR response. *Acta Geophysica*. 2019;67:1913-1919. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00349-4>
9. Kuvshinov N. M. *Effektivnost' primeneniya orudiy s aktivnymi rabochimi organami v kachestve priemov predposevnoy obrabotki serykh lesnykh pochv Nечерноземnoy zony Rossii*. [The efficiency of application of agricultural implements with active working bodies as methods of presowing cultivation of grey forest soils of Non-chernozem zone of Russia]. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2017;(1(59)):23-31. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28305715>



10. Bluett C., Tullberg J. N., McPhee J. E., Antille D. L. Soil and Tillage Research: Why still focus on soil compaction? *Soil and Tillage Research*. 2019;194:104282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.028>
11. Dmitriev Yu. P., Medvedev V. I., Akimov A. P., Dmitrieva O. Yu., Dmitriev S. Yu., Maksimov A. N., Andreev V. A. *Mashinnye tekhnologii dlya vozdeleyvaniya khmelya*. [Machinery technologies for hop cultivation]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2018;13(2(49)):86-92. (In Russ.). DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5b3506e7938e47.51294573](https://doi.org/10.12737/article_5b3506e7938e47.51294573)
12. Apazhev A. K., Shekikhachev Yu. A., Khazhmetov L. M. Results of the combined soil-cultivating unit production tests. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016;(8):10-11. (In Russ.).
13. Dobyshev A. S., Puzevich K. L., Danatarov A., Ashyrov S., Mukhammetmyradov K. *Obosnovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv obrabotki pochvy v usloviyakh Turkmenistana*. [Substantiation of technologies and technical means for soil tillage in the conditions of Turkmenistan]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2014;(1):179-184. (In Belarus). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-tehnologii-i-tehnicheskikh-sredstv-obrabotki-pochvy-v-usloviyah-turkmenistana>
14. Ebrahim-Zadeh G., Bayat H., Sinegani A. A. S., Abyaneh H. Z., Vereecken H. Investigating the correlation between soil tensile strength curve and soil water retention curve via modeling, *Soil and Tillage Research*. 2017;167:9-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.11.002>
15. Zakharov A. I. *Intensifikatsiya tekhnologii vozdeleyvaniy akmelya*. [The intensification of technologies of cultivation of hops]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016;(1):76-80. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25458773>
16. Smirnov P. A., Makushev A. E., Kazakov Y. F., Medvedev V. I., Vasilyev A. O., Andreev R. V. Influence of types of tractor running gears on the value of hop garden row spacing compaction. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019;57(1):19-28. URL: <http://oaji.net/articles/2019/1672-1557071687.pdf>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Леонтьева Валентина Вячеславовна**, научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9213-9821>, e-mail: [shkoda.6363@mail.ru](mailto:shkoda.6363@mail.ru)

**Дементьев Дмитрий Алексеевич**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8571-8059>, e-mail: [tymondem@mail.ru](mailto:tymondem@mail.ru)

**Фадеев Андрей Анатольевич**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0834-1681>

#### **Information about the authors**

✉ **Valentina V. Leontieva**, researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsivilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9213-9821>, e-mail: [shkoda.6363@mail.ru](mailto:shkoda.6363@mail.ru)

**Dmitrii A. Dementyev**, PhD in Agricultural science, researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsivilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8571-8059>, e-mail: [tymondem@mail.ru](mailto:tymondem@mail.ru)

**Andrey A. Fadeev**, PhD in Agricultural science, senior researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsivilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0834-1681>

✉ – Для контактов / Corresponding author