

13. Maximov, I. I. Power concept of erosive stability of anthropogenic agrolandscapes / I.I. Maximov, V.I. Maximov. – Cheboksary: Chuvash SAA, 2006. – 304 P.
14. Rouse, J.W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS / J.W. Rouse, R.H. Haas, J.A. Scheel, D.W. Deering // Proceedings, 3rd Earth Re-source Technology Satellite (ERTS) Symposium. – 1974. – Vol. 1. – Pp. 48-62.

Information about the authors

1. **Semenov Sergey Alexandrovich**, Head of Department of IT Technology, Service of Industrial Machines, 428028, Chuvash Republic, Cheboksary, pr. Traktorostroiteley, 107; e-mail: sa.7onoff@yandex.ru;
2. **Vasiliev Sergey Anatolyevich** - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks str., 29; e-mail: vsa_21@mail.ru;
3. **Maksimov Ivan Ivanovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, K. Marks str., 29; e-mail: maksimov48@inbox.ru.

УДК631.313.5,631.316.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МУЛЬЧИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ СТЕРНЕВЫМИ КУЛЬТИВАТОРАМИ

П.А. Смирнов, Н.Ю. Васильев, Е.В. Спасов

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Для определения полноты использования пожнивных остатков в качестве мульчи при яблечной обработке стерневыми культиваторами был проведен ряд дополнительных обработок с использованием игольчатой бороны и ротационного рыхлителя. Также в качестве альтернативы была исследована двукратная обработка игольчатой бороной. Стерневой культиватор с плоскорезными лапами, расположенными в шахматном порядке, с выравнивающими вырезными дисками за последним рядом лап и уплотняющим катком оставляет на поверхности обработанного участка всего 25,3 % пожнивных остатков, что не позволяет обеспечить надежную защиту почвы от солнечной радиации и препятствует эффективному накоплению влаги. При повторной обработке этого участка игольчатой бороной её рабочие органы, установленные «ключом назад», вытаскивают пожнивныe остатки на поверхность почвы (увеличение мульчи до 37,43 %). Повторная обработка ротационным рыхлителем, представляющим собой две фронтально расположенные батареи дисков с ножевидными рабочими органами с кинематическим соединением между эшелонированными батареями, также способствует большему сохранению массы пожнивных остатков на поверхности – 45,81 %. Двукратная обработка поля игольчатой бороной оставляет 72,54 % стерни и измельченных пожнивных остатков на поверхности поля. В работе были предложены варианты совершенствования стерневого культиватора по мульчированию поверхности почвы пожнивными остатками.

Ключевые слова: стерня, борона, мульчирование почвы, игольчатая борона, ротационная борона.

Введение. Под воздействием климатических условий поверхность почвы постепенно теряет своё плодородие, происходит разрушение ее структуры. Даже после небольших дождей на поверхности образуется почвенная корка, что способствует еще большей потере почвенной влаги. Летом при максимальных дневных температурах воздуха поверхность почвы перегревается. В период отрицательных температур происходит ее резкое охлаждение, что приводит к вымерзанию корневой системы культурных растений. Почву можно защитить с помощью мульчирования, то есть покрыть ее различными материалами. Многочисленные исследования, которые проводились в различных почвенных условиях, показали, что при защите корней растений при мульчировании создаются более благоприятные условия для их роста, чем на открытых участках [1, 2].

Идея ресурсосберегающей системы обработки почвы основана на сохранении стерни и пожнивных остатков на поверхности почвы, что способствует ее защите от вышеназванных факторов. При этом происходит еще и существенное энергосбережение при её обработке [1].

В основном, эффект мульчирования пожнивными остатками поверхности почвы обеспечивается менее энергозатратной основной безотвальной обработкой или поверхностным рыхлением. На территории Чувашской Республики для этой операции применяют стерневые культиваторы типа КСТ-3,8 и их аналоги, агрегируемые с тракторами Т-150К или КСТ-5,4, с тракторами тягового класса 50 кН (К-700А, К-701, CLAAS и др.). Расположение рабочих органов у всех аналогичных культиваторов практически одинаково. Впереди расположены в два-три ряда перекрывающиеся рыхлительные лапы. Для выравнивания поверхности почвы за

последним рядом лап установлены афронтальные сферические или вырезные диски, после них вмонтирован ребристый каток.

Однако даже визуальный осмотр обработанных стерневыми культиваторами участков показывает, что как такового мульчирования в этой операции не происходит. Таким образом, вся идея ресурсосбережения почвы как источника энергии для культурных растений сводится к нулю.

Задачей данного исследования является выявление причин недостаточного мульчирования почвы и разработка рекомендаций по эффективному мульчированию стерневыми культиваторами.

Материалы и методы исследования. В качестве базовой операции для исследования был выбрана работа типичного стерневого культиватора трактором «CLAAS». Для сравнения были проведены следующие испытания: повторная обработка игольчатой бороной БИН -1,8 (навесной аналог БИГ-3,0) и ротационным рыхлителем; двукратное рыхление БИН-1,8. Ротационный рыхлитель представляет собой две фронтально расположенные батареи дисков с ножевидными рабочими органами с кинематическим соединением между батареями. Первая батарея движется с кинематическим параметром режима работы $\lambda_1 < 1,0$, а вторая – с $\lambda_1 > 1,0$. Передаточное число между батареями – $i = 2,46$ [3].

Для эксперимента был выбран участок земель ЗАО «Прогресс» Чебоксарского района, типичный для сельскохозяйственных угодий северных районов Чувашской Республики (тяжело- и среднесуглинистые по механическому составу светло-серые лесные почвы). Реакция почвы – слабокислая. В среднем за вегетационный период возделывания зерновых культур выпадает 140 – 180 мм атмосферных осадков, а твердость почвы в засушливые годы нередко достигает 350 – 450 Н/см² [1], [2], [3]. Значения некоторых физических параметров на начало измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Средние физические параметры на экспериментальном участке

Агрофон	Объемная масса, $\times 10^3$, кг/м ³	Твердость, МПа
Стерня	1,61	3,488
Участок, взлущенный БИН-1,8	1,45	3,373
Участок, обработанный стерневым культиватором	1,17	2,165
Участок, обработанный культиватором и БИН-1,8	1,13	1,988

Уборка предшественника на выбранном участке была произведена в начале августа. Однако к стерневой обработке приступили лишь в конце августа. К этому времени часть рассыпанных семян как сорной растительности, так и предшественника взошли (рис. 1). Этому способствовали непродолжительные дожди.



Рис. 1. Общий вид агрофона перед обработкой стерневым (чизельным) культиватором.

Параметры агрофона для исследования мульчирования почвы были выбраны следующие. Предшественник – озимая пшеница. Уборка производилась звеном зерноуборочных комбайнов: ДОН-1500Б – 2 шт, Енисей-1200НМ, Полесье GS-12 – по 1 шт. Срез хлебной массы жаткой зерноуборочного комбайна был

произведен на высоте 13 – 21 см. Различие высоты среза наблюдалось в зависимости от вида применяемых комбайнов.

Солома, измельченная и разбросанная указанными комбайнами, была распределена достаточно равномерно. Об этом свидетельствует и коэффициент вариации суммарной массы соломы (стерня + измельченная солома) – $v=12,8\%$ (табл. 2.). Дождями, прошедшими во время уборки и после нее, измельченная и разбросанная солома была уплотнена и прибита к поверхности почвы. Остатки неразрушенной стерни были расположены под углом $70 - 80^\circ$ к горизонту.

На поле имелось большое количество поздних сорняков (рис. 1), а также растения, вновь взошедшие из рассыпанных семян сорняков и предшественника при уборке (рис. 2, 3).

Количество пожнивных остатков на поверхности поля определялось в двух местах по пяти точкам: в центре поля на горизонтальном профиле и на периферии (на северном склоне). Контрольные точки были расположены по углам квадрата, стороны которого составляли 25×25 м, и на пересечении диагоналей (рис. 2).

Общая масса пожнивных остатков при наличии сорной растительности была значительно больше из-за высокой влажности ($\omega_a=72 - 75\%$) свежих сорняков, чем при мульчировании только соломой. Поэтому масса пожнивных остатков была определена после сушки до $\omega_a=20 - 23\%$, что соответствует средней влажности соломы на участке ($\omega_a=16 - 25\%$) и средней влажности почвы на поверхностном слое ($\omega_a=21 - 23\%$). Взвешивание пожнивных остатков было проведено после очистки от частиц почвы.



Рис. 2. Общий вид поверхности поля после обработки стерневым культиватором.



Рис. 3. Повторная обработка игольчатой бороной после стерневой культивации: на переднем плане – участок стерневой культивации; на заднем – участок, повторно обработанный игольчатой бороной.



Рис. 4. Обработка участка поля ротационным рыхлителем перпендикулярно предыдущей стерневой культивации.



Рис. 5. Участок стерневого агрофона, однократно обработанный игольчатой бороной (сорная растительность не уничтожена, проведено только поверхностное рыхление на 3 – 4 см, твердость почвы – 4,05 МПа).



Рис. 6. Общий вид края взрыхленного участка игольчатой бороной БИН-1,8 (двукратный проход), твердость почвы – 3,35 МПа.

При сборе пожнивных остатков стерня была срезана на уровне поверхности поля. Были собраны все разбросанные частицы, кроме тех, которые имели размер менее 5 мм (мякина).

Соломистая масса, частично заделанная рабочими органами в почву, также срезалась ножницами на уровне почвы.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследования различных вариантов обработки почвы с сохранением мульчирующих пожнивных остатков представлены в таблице 2.

Визуальные наблюдения подтверждаются опытными данными: действительно, стерневой культиватор с плоскорежущими лапами, расположенными в шахматном порядке, с выравнивающими вырезными дисками за последним рядом лап и уплотняющим катком оставляет на поверхности обработанного участка всего 25,3 % пожнивных остатков, что позволяет обеспечить надежную защиту почвы от солнечной радиации и препятствует эффективному накоплению влаги. При повторной обработке прокультивированного участка игольчатой бороной её рабочие органы, установленные «клювом назад», вытаскивают пожнивные остатки на поверхность почвы. Об этом свидетельствует увеличение массы пожнивных остатков на поверхности до 37,43 %.

Повторная обработка прокультивированного поля ротационным рыхлителем (рисунок 4), представляющим собой две фронтально расположенные батареи дисков с ножевидными рабочими органами с кинематическим соединением между эшелонированными батареями, также способствует увеличению массы пожнивных остатков на поверхности – 45,81 %.

Однократная обработка поля игольчатой бороной оставляет всю стерню и измельченные пожнивные остатки на поверхности поля, но на твердых участках рабочие органы бороны недостаточно заглубляются (рисунок 5). Существенным недостатком данного варианта обработки является сохранение сорняков.

Повторная обработка участка (рисунок 6) достаточно сильно разрушает поверхностный слой почвы глубиной до 6,5 см, но на поверхности почвы остаются только 72,54 % пожнивных остатков. Сорная растительность с мочковатой корневой системой преимущественно была уничтожена и перемещена на поверхность поля, но растения со стержневой корневой системой частично остаются в поврежденной форме.

Таблица 2 – Данные по мульчирующим пожнивным остаткам на поверхности почвы, г/м²

№ п/п	Пожнивные остатки на поверхности почвы, г/м ²				
	до обработки	после обработки стерневым (чизельным) культиватором	после обработки стерневым (чизельным) культиватором и БИН-1,8	после обработки стерневым культиватором и ротационным рыхлителем	после двукратной обработки БИН-1,8 (с учетом корневой массы стерни)
1	317	37	108	140	164
2	262	62	96	132	215
3	301	53	114	142	209
4	273	42	103	96	188
5	267	88	122	144	163
6	325	29	63	114	221
7	258	49	78	130	214
8	247	62	131	119	203
9	212	61	107	98	177
10	247	43	92	126	211
x_{cp}	270,9	52,6	101,4	124,1	196,5
σ_x	34,69694	16,72789	20,21111	17,22047	21,82888
v	0,12808	0,318021	0,1993	0,138763	0,111
$v, \%$	12,80803	31,80207	19,93	13,82	11,1
$v \%$ от $x_{cp}=270,9$		25,3	37,43	45,81026	72,54

Выводы

1. Для полноты использования пожнивных остатков в качестве мульчи при зяблевой обработке стерневыми культиваторами наиболее приемлемым конструктивным решением является замена сферических или плоских вырезных дисков, предназначенных для выравнивания поверхности почвы, на сферические игольчатые, установленные в режиме «клювом назад». Также возможно использование фронтальных батарей игольчатых дисков вместо катка.

2. Из всех рассмотренных вариантов обработки почвы более всего пожнивных остатков оставляет на поверхности поля игольчатая борона. Она может быть рекомендована только в качестве лушительника из-за малой глубины обработки, особенно при твердости почвы более 3,0 МПа.

Литература

1. Проблемы и перспективы развития АПК и сельских территорий: монография / С. С. Чернова и [др.]. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. – 170 с.

2. Розметов, К. С. Влияние мульчирования на влажность почвы и мощность почвенной корки / К. С. Розметов // Молодой ученый. – 2011. – № 5, т. 2. – С. 266-268.
3. Смирнов, П. А. Обоснование параметров игольчатой бороны с кинематическим соединением между эшелонированными батареями: дис. ... канд. техн. наук / П. А. Смирнов. – Чебоксары, 2002. – 140 с.

Сведения об авторах

1. **Смирнов Петр Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно – технологических машин и комплексов, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, e-mail: smirnov_p_a@mail.ru, тел. 89603101909;

2. **Васильев Николай Юрьевич**, магистрант инженерного факультета, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, e-mail: vasnik29@mail.ru, тел. 89603032221;

3. **Спасов Евгений Владимирович**, магистрант инженерного факультета, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, тел. 89030669633.

RESULTS OF PRACTICAL STUDIES OF SOIL SURFACE MULCHING BY STERN CULTIVATORS

P.A. Smirnov, N.Yu. Vasiliev, E.V. Spasov
Chuvash State Agricultural Academy
 428000, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. *To determine and compare the completeness of the use of crop residues as mulch, a number of additional treatments using needle harrow and a rotary cultivator were carried out by stubble cultivators. Also, as an alternative, two-fold treatment with a needle harrow is considered. Variants of stubble cultivator cultivation by mulching the soil surface with crop residues are suggested. A stubble cultivator with flat-knife paws staggered, with leveling cut-out discs behind the last row of paws and a compacting roller, leaves only 25.3% of stubble residues on the surface of the treated area, which does not provide reliable soil protection against solar radiation and efficient accumulation of moisture. When re-treating the pre-cultivated area with a needle-shaped harrow, its working parts, installed with the "beak back", pull the crop residues onto the soil surface. This is evidenced by an increase in the mass of crop residues on the surface - 37.43%. Repeated treatment with a rotary ripper, consisting of two front-mounted battery disks with knife-like operating elements with a kinematic connection between the echeloned batteries, also contributes to an increase in the mass of crop residues on the surface - 45.81%. Double treatment of the field with a needle harrow leaves 72.54% stubble and crushed stubble residues on the field surface. Variants of stubble cultivator for mulching the soil surface with crop residues are suggested.*

Key words: *stubble, harrow, soil mulching, needle harrow, rotary harrow.*

References

1. Bodrova, E.V., Bugara, A.N., Kalinov, V.V., Kambarova, E.A., Kulebyakina, O.A., only 11 people. // Under common. Ed. Chernova, S.S. - Problems and prospects for the development of the agro-industrial complex and rural areas: monograph - Novosibirsk: Publishing House of the CRNS, 2015. - 170 p.
2. Rozmetov, K.S.. Influence of mulching on soil moisture and thickness of soil crust / K. S. Rozmetov // Young Scientist. - 2011. - №5. T.2. - Pp. 266-268.
3. Smirnov, P.A. Justification of the parameters of the needle harrow with a kinematic connection between the echeloned batteries: Dis ... cand. of tech. Sciences: 05.20.01. - Cheboksary, 2002. - 140 p.
4. Stroganov, M.V., Voikin, L.M., Kondratiev, N.K., Nikitin, L.P., Report on the Soil Research of the Progress Collective Farm in the Cheboksary District of the Chechen Republic and recommendations on their use and improvement. - Cheboksary, 1985 - Pp. 56-63.
5. Gerasimov, A.G., Undesov, L.I., Fadeev, A.P., et al.-The land-division and land management system of the collective farm "Progress" of the Cheboksary district of the Chuvash ASSR Cheboksary, 1985-Pp . 86-89.

Information about the authors

1. **Smirnov Pyotr Alekseyevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technology Machines and Complexes, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, 29, K. Marks Str.; e-mail: smirnov_p_a@mail.ru, Phone: 89603101909;

2. **Vasilev Nikolay Yurievich**, Magister of Engineering Faculty, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, 29, K. Marks Str.; e-mail: vasnik29@mail.ru Phone: 89603032221;

3. **Spasov Evgeny Vladimirovich**, Magister of Engineering Faculty, Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, 29, K. Marks Str.; Phone: 89030669633.