

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО РЫХЛЕНИЯ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОИ

THE INFLUENCE OF LOCAL LOOSENING OF THE SOIL ON SOYBEAN PRODUCTIVITY

В.Ф. ПАЩЕНКО¹, д.т.н.
Ю.Н. СЫРОМЯТНИКОВ²
Н.С. ХРАМОВ³
С.А. ВОЙНАШ⁴

¹ Харьковский национальный аграрный университет
им. В.В. Докучаева, Харьковская обл., Украина

² Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П. Василенко, Украина

³ Николаевский национальный аграрный университет,
г. Николаев, Украина

⁴ Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им.И.И.Ползунова», Россия,
gara176@meta.ua, khramov88@ukr.net, sergey_voi@mail.ru

V.F. PASHCHENKO¹, DSc in Engineering
YU.N. SYROMYATNIKOV²
N.S. HRAMOV³
S.A. VOJNASH⁴

¹ Kharkov National Agrarian University n.a. Vasily Dokuchaev,
Kharkiv region, Ukraine

² Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University
of Agriculture, Ukraine

³ Nikolaev National Agrarian University, Nikolaev, Ukraine

⁴ Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of Polzunov Altai State
Technical University, Russia, gara176@meta.ua,
khramov88@ukr.net, sergey_voi@mail.ru

Задача чизельных лап – обеспечить заданную глубину хода в условиях повышенной плотности почвы и создавать условия для улучшения накопления в почве влаги и воздуха. При этом нет необходимости перекрывать деформации в почве, которые распределяются под действием чизельных лап. Исследован способ безотвальной обработки почвы, который создает благоприятные условия для роста и развития сои и обеспечивает получение высокой урожайности зерна по сравнению со вспашкой. Определено влияние локальной обработки на условия роста, развития и формирования продуктивности растений по сравнению с традиционной обработкой. Технология выращивания сои в опытах, исключая исследуемые факторы, была общепринятой для восточной лесостепи Украины.

Определена эффективность локального рыхления почвы под посев сои по сравнению с отвальной обработкой. Содержание влаги в почве к началу весенне-полевых работ на всех участках, где проводилось с осени локальное рыхление почвы, было на 0,4–1,3 % больше по сравнению с вспашкой. Наибольшая плотность растений и полевая всхожесть были на варианте локального рыхления почвы на глубину 40 см с расстановкой лап через один метр, что составило 76,6 %. Разница по увлажненности на отвальной и безотвальной обработке почвы сохранялась до фазы цветения. Содержание влаги в этот период на участках локального рыхления почвы было больше на 0,6–4,8 % по сравнению со вспашкой; это улучшало условия роста сои, высота растений которой на вариантах локального рыхления почвы была больше на 2,1–3,8 см. На всех вариантах безотвальной обработки почвы урожайность зерна была больше, чем на контроле, на 0,03–0,07 т/га. Наибольшей урожайностью была на вариантах безотвальной обработки почвы на глубину 40 см – 1,03 т/га.

Ключевые слова: соя, опыт, локальное чизелевание, безотвальная обработка, урожай, почва.

The task of the chisel paws is to ensure a given stroke depth in conditions of increased soil density, and also to create conditions for improving the accumulation of moisture and air in the soil. There is no need to overlap deformations in the soil, which are distributed under the action of the chisel paws. The method of subsurface cultivation of the soil, which creates favorable conditions for the growth and development of soybeans and provides high grain yields in comparison with plowing, is studied. The influence of local processing on the conditions of growth, development and formation of plant productivity is determined in comparison with traditional processing. The technology of soybean cultivation in experiments, excluding the studied factors, was generally accepted for the eastern foreststeppe of Ukraine. The effectiveness of local loosening of the soil for soybean sowing is determined in comparison with the dump cultivation. The moisture content in the soil by the beginning of spring field work in all areas where local loosening of the soil was carried out in autumn was 0,4–1,3 % higher compared to plowing. The highest density of plants and field germination were on the variant of local loosening of the soil to a depth of 40 cm with the placement of paws through one meter, being equal 76,6 %. The difference in moisture content in the heap and non-heap tillage persisted until the flowering phase. The moisture content in this period in the areas of local loosening of the soil was 0,6–4,8 % higher compared to plowing, this improved the conditions for soybean growth, which height of plants on the variants of local loosening of the soil was 2,1–3,8 cm. In all variants of subsurface tillage the grain yield was higher than in the control by 0,03–0,07 t/ha. The highest yield was on the options for subsurface tillage to a depth of 40 cm – 1,03 t/ha.

Keywords: soybean, experience, local chiseling, subsurface cultivation, harvest, soil.

Введение

Научными учреждениями земледельческого направления, сельскохозяйственными учебными заведениями и исследовательскими станциями установлено, что безотвальная обработка неоднозначно влияет на свойства почвы, условия роста, развития и формирования продуктивности растений. С одной стороны, она обеспечивает высокий почвозащитный эффект, способствует улучшению водного режима почвы и сокращения энергетических затрат; с другой – ухудшает физические свойства почвы и ее фитосанитарное состояние. Но самым существенным недостатком является увеличение засоренности почвы и посевов. Неслучайно осуществление безотвальной обработки почвы обязательно сопровождается применением системы гербицидов [1, 2].

Известно, что при обработке почвы чизельными плугами пласт почвы не оборачивается, а только разрыхляется на заданную глубину. Рабочие органы чизельного плуга – стойки с рыхлительными наральниками. Чизелевание на глубину 20–45 см используют как основную обработку почвы вместо отвальной вспашки лемешными плугами, а также для обработки на парах. Полосовое чизелевание выполняют на глубину до 60 см вместо щелевания для борьбы с водной эрозией на склонах, а также для улучшения пастбищ.

Современному земледелию наиболее полно отвечает комбинированная система обработки почвы, которая органично сочетает в севообороте чередование разноглубинной отвальной и безотвальной обработок в зависимости от особенностей почвенно-климатических зон и биологических свойств выращиваемых культур.

Постановка задачи

Качество обработки почвы перед посевом определяется глубиной ее обработки чизельными рабочими органами и расстоянием между ними. Эти два параметра связаны между собой. Увеличение глубины обработки ведет к увеличению затрат энергии и ухудшает измельчение почвы. Уменьшение глубины обработки почвы вызывает потребность более плотного расположения чизельных рабочих органов с целью исключения огрехов между ними [3]. Это также увеличивает затраты энергии на обработку почвы и увеличивает забивание рабочих органов пожнивными остатками и сорняками.

Деформация почвы под действием наральников чизельных рабочих органов распространяется под углом [4]. Анализ процесса работы чизельных лап показывает, что их задача – обеспечить заданную глубину хода в условиях повышенной плотности почвы, а также создавать условия для улучшения накопления в почве влаги и воздуха. В связи с этим нет необходимости перекрывания деформаций в почве, которые распределяются под действием чизельных лап [5, 6].

На рис. 1 приведена схема распространения деформаций в почве под действием чизельных рабочих органов.

Исходя из приведенной геометрии, можно определить расстояние между чизельными рабочими органами по формуле:

$$l_n = l_n + 2h \cdot \text{ctg} \psi + B_n, \quad (1)$$

где l_n – расстояние между долотами чизельных рабочих органов; l_n – расстояние между обработанными полосами на поле; B_n – ширина

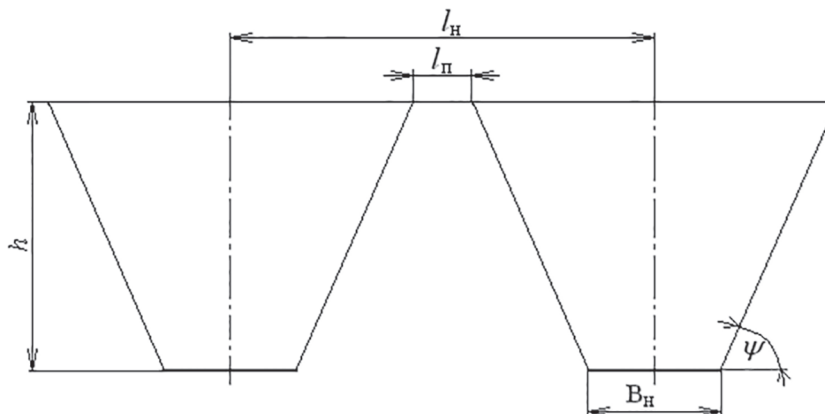


Рис. 1. Схема к определению расстояния между чизельными рабочими органами

долота чизельного рабочего органа; h – глубина хода чизельного рабочего органа.

Глубина хода чизельных рабочих органов и расстояние между обработанными полосами в условиях локального рыхления почвы определяется природно-климатическими условиями зоны, состоянием почвы и требованиями выращиваемой культуры. С одной стороны увеличение такого расстояния способствует снижению затрат энергии на обработку почвы, с другой – ограничивается необходимостью создания условий для поддержания плодородия почвы.

Поэтому выбор оптимального соотношения между глубиной рыхления и расстоянием между полосами имеет важное эколого-экономическое значение, особенно в условиях минимальных систем обработки почвы.

Для решения этой проблемы возникает необходимость в проведении специальных комплексных агрономических исследований.

Цель исследования

Определение эффективности локального рыхления почвы под посев сои по сравнению с отвальной обработкой.

Материалы и методы

Зона лесостепи Украины отличается специфической особенностью по сравнению с другими зонами: здесь преобладают, в основном, черноземы среднего и тяжелосуглинистого состава. Эти почвы способны накапливать большое количество влаги и в дальнейшем, при особых условиях, много теряют в результате испарения [7–9], а при осадках быстро уплотняются, образуя поверхностную кору, которая создает такие условия, которые способствуют быстрому удалению влаги из почвы через капилляры, образующиеся в верхних слоях почвы. Эти капилляры постепенно углубляются и выносят влагу из нижних слоев почвы.

Многочисленные исследования показывают [10–14], что плотность черноземных почв и качество измельчения слоя почвы в значительной степени определяется влажностью почвы. При этом плотность почвы, как верхних, так и нижних слоев, изменяется в пределах, близких к оптимальным значениям, в условиях влажности, обеспечивает физическую спелость почвы. Поэтому для поддержания в почве такой влажности проводить обработку

с целью регулирования плотности почвы нет необходимости. В связи с тем, что в условиях лесостепи Украины наблюдается нерегулярное выпадение осадков, основной задачей обработки является также создание лучших условий для накопления и сохранения в ней влаги.

Обработка почвы является важнейшим приемом в системе традиционных технологий выращивания зерновых культур [15]. Отвальная система обработки базируется на пахоте. Согласно теории академика В.Р. Вильямса, необходимо один раз в вегетационный период выполнять вспашку почвы, которая должна осуществляться после сбора урожая. Главная цель вспашки – сбросить на дно борозды верхний слой почвы, потерявший прочность, и вынести на поверхность прочный структурный слой. Как показывают многочисленные исследования, вспашка способствует повышению биологической активности и содержания питательных веществ в нижней части слоя обрабатываемой поверхности (15–25 см). Поэтому ранее в борьбе с сорняками и с целью мобилизации питательных веществ почвы главная роль принадлежала интенсивной обработке, в частности глубокой вспашке [16, 17].

Однако научные исследования, проведенные в последние годы, свидетельствуют о том, что вспашка имеет ряд недостатков. Обобщение этих материалов позволило прийти к выводу, что в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения при такой обработке теряется значительное количество влаги. Коэффициент полезного использования атмосферных осадков в большинстве случаев не превышает 60 %.

Интенсивная система обработки почвы, основанная на обороте пахотного слоя, не соответствует современным требованиям повышения противоэрозионной устойчивости почв, особенно в районах действия ветровой эрозии, и способствует развитию дефляционных процессов [18, 19].

Данные экспериментальных исследований на протяжении 20 лет [20] показали, что там, где долгое время не применялся плуг, лучше реализуются элементы повышения плодородия, подтверждается получением более высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Почва, которую обрабатывали без оборота пласта, отличалась более высоким содержанием продуктивной влаги, лучшей структурностью, плотностью ближе к оптимальной, более

низкой твердостью и менее выраженной плужной подошвой. Безотвальная подготовка в отличие от плужной не привела к изменениям морфологического строения профиля чернозема, физико-механических свойств, его механического и микроагрегатного состава.

Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что применение безотвальной обработки почвы позволяет частично устранить недостатки вспашки с оборотом пласта [21–23]. При этом повышается производительность агрегатов, снижается на 30–35 % затраты энергии на обработку почвы, уменьшаются потери органических веществ и влаги.

Среди почвенно-климатических зон Украины наиболее эродированы и эрозионно опасные почвы (66,4 %) находятся в степи, в результате чего там ежегодно недобирают значительное количество урожая зерна.

Применение агротехнических приемов, таких как контурная, гребнистая, микроулисная обработка почвы, прерывистое боронование, локальное рыхление, лункование зяби и пара, дают повышение урожайности на 2–3 ц/га. Важное место в этом принадлежит локальному рыхлению почвы. Как показывают результаты исследований, применение локального рыхления при обработке почвы способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Для определения эффективности локального рыхления почвы под посев сои заложен трехлетний эксперимент с использованием трактора марки ХТЗ и чизельного плуга ПЧ-2,5.

С целью установления влияния локальной обработки на условия роста, развития и формирования продуктивности растений и энергетических затрат на выращивание по сравнению с традиционной обработкой полевые опыты проводили на опытном поле по методике Б.А. Доспехова. Почва в севообороте, на которой закладывались полевые опыты, чернозем типичный слабо смытый малогумусный тяжело-суглинистый на карбонатном лессе. Рельеф поля, на котором располагались опытные участки, имеет равное водораздельное плато со слабо пологим склоном.

Сумма эффективных температур за 2014–2017 гг. исследований колебалась от 1714 до 2776 °С. Общий период с температурой более +5 °С составляет 202–205 дней, с температурой более 10 °С – 168 дней. Переход средней температуры через 0 °С наблюдал-

ся во второй декаде марта и третьей декаде ноября; граница перехода через +5 °С – первая декада апреля и третья декада октября; через 10 °С – третья декада апреля – первая декада октября, через +15 °С – вторая декада мая и первая декада сентября. Первый заморозок отмечается в среднем 25–30 сентября, последний – 15–20 мая. Абсолютный температурный максимум воздуха приходится на июль (38 °С), минимум – на январь (–34,6 °С). Общая сумма влаги, которая испаряется за вегетационный период, составляет в среднем 440–520 мм. Относительная влажность воздуха в районе исследований, самая высокая – в декабре (84–90 %) и наименьшая – в мае (26–33 %). Средняя многолетняя сумма осадков составляет 478,6 мм. Две трети годовой суммы осадков выпадает в виде дождей. Наибольшее количество осадков выпадает в мае – июне, наименьшая в марте – апреле. На теплый период (апрель–ноябрь) приходится 320–330 мм, на холодный (декабрь – март) – 80–90 мм. За вегетационный период в среднем выпадает 287 мм, или 61,4 % от общего количества осадков в год. Две трети годовой суммы осадков выпадает в виде дождей. В целом почвенно-климатические условия данного района благоприятны для культивирования сельскохозяйственных культур.

Технология выращивания сои в опытах, исключая исследуемые факторы, была общепринятой для восточной лесостепи Украины. Сев проводили селекционной сеялкой ССФК-7 с шириной междурядий 45 см при постоянном прогреве почвы на глубине заделки семян до 10–12 °С. Норма высева составила 700 тыс. всхожих семян на гектар. В период вегетации растений в посевах проводили два ручных пропалывания междурядий до смыкания рядков. Учет урожая проводили сплошь поделанковым методом прямым комбайнированием комбайном Samro-500 в фазе уборочной спелости сои (влажность семян 16–18 %).

Схему опытов принимали такой: традиционная вспашка с оборотом пласта на глубину 18–20 см; обработка чизельным плугом Т-150К-09 + ПЧ-2,5 на глубину 18–20 см с расстоянием между стойками 0,5 м; обработка чизельным плугом на глубину 18–20 см с расстоянием между стойками 1 м; обработка чизельным плугом на глубину 20–22 см с расстоянием между стойками 3 м; обработка чизельным плугом на глубину 40 см с расстоянием между стойками 3 м (рис. 2, 3).



Рис. 2. Обработка почвы чизельным плугом с разным расстоянием между стойками



Рис. 3. Общий вид почвы после обработки чизельным плугом ПЧ-2,5

Результаты и обсуждение

Наблюдение за содержанием влаги в почве показали, что к началу весенне-полевых работ на всех участках, где проводились с осени локальное рыхление почвы, содержание влаги было на 0,4–1,3 % больше по сравнению с вспашкой (табл. 1). На время сева содержание влаги на пахоте в слое

0–10 см было меньше, чем на вариантах локального рыхления почвы, на 0,6–1,3 %. Это несколько ухудшало условия прорастания семян сои, и на этом варианте опыта полевая всхожесть семян была меньше на 0,4–0,9 % по сравнению с другими вариантами (табл. 2). Такая тенденция сохранялась и в период всходов сои: содержание влаги в 10-сантиметровом слое

Таблица 1

Влажность почвы в зависимости от основной обработки в разные периоды роста и развития сои, % (в среднем по 2015–2017 гг.)

Варианты	Слой почвы	До начала полевых работ	Сев сои	Всходы	Цветение	Сбор
Вспашка, 18–20 см	0–10	23,6	23,5	15,5	10,5	25,5
	10–20	26,6	25,2	17,6	12,9	24,4
	20–30	26,2	25,6	19,6	14,5	24,7
	30–40	27,5	26,2	23,3	16,8	26,5
	40–50	27,9	27,5	23,7	17,8	26,4
Чизель, 18–20 см (лапы через 0,5 м)	0–10	23,6	24,1	17,8	12,3	25,7
	10–20	27,1	25,0	19,3	12,2	25,5
	20–30	27,6	25,7	20,0	14,7	25,2
	30–40	27,7	25,8	22,2	15,0	25,0
	40–50	27,3	26,6	22,0	16,0	26,5
Чизель, 18–20 см (лапы через 1,0 м)	0–10	26,3	24,5	19,1	17,9	26,7
	10–20	26,4	24,4	19,8	18,2	25,9
	20–30	27,0	24,9	21,2	18,4	25,4
	30–40	27,5	26,7	21,8	19,6	25,2
	40–50	27,1	27,7	22,9	22,2	25,0
Чизель, 20–22 см (лапы через 3,0 м)	0–10	26,3	23,6	18,4	12,3	25,8
	10–20	26,6	24,6	20,0	13,8	25,6
	20–30	27,0	24,3	20,9	14,2	24,7
	30–40	27,7	24,7	23,5	17,5	23,7
	40–50	27,8	24,9	23,7	18,3	25,8
Чизель, 40 см (лапы через 3,0 м)	0–10	25,3	24,8	19,1	11,1	25,9
	10–20	25,6	25,0	20,5	14,0	23,5
	20–30	26,2	25,8	21,6	17,3	22,7
	30–40	27,0	26,1	23,3	19,2	25,2
	40–50	27,1	26,6	23,6	20,1	25,5

Таблица 2

Влияние обработки почвы на плотность, полевую всхожесть и высоту растений сои (в среднем за 2015–2017 гг.)

Варианты	Густота, тыс./га	Полевая всхожесть, %	Высота растений, см
Вспашка, 18–20 см	530	75,7	83,5
Чизель, 18–20 см (лапы через 0,5 м)	535	76,4	85,6
Чизель, 18–20 см (лапы через 1,0 м)	534	76,3	86,2
Чизель, 20–22 см (лапы через 3,0 м)	533	76,1	87,0
Чизель, 40 см (лапы через 3,0 м)	534	76,3	87,3

почвы, наиболее важно для формирования всходов, было на пахоте меньше на 2,3–5,6 %. В связи с этим густота растений на этом варианте опыта была меньше, чем на вариантах безотвальной обработки. Наибольшая плотность растений и полевая всхожесть были на варианте локального рыхления почвы на глубину 40 см с расстановкой лап через один метр, что составило 76,6 %. Это можно объяснить тем, что в разрыхленной и замульчированной почве после локального рыхления замедляются капиллярные испарения из глубоких слоев, уменьшается поверхностное высушивание почвы, лучше сохраняется влага осадков, и все это способствует более активному прорастанию семян сои.

Разница по увлажненности при отвальной и безотвальной обработке почвы сохранялась до фазы цветения, которая является критической в росте и развитии сои. Содержание влаги в этот период на участках локального рыхления почвы было больше на 0,6–4,8 % по сравнению со вспашкой; это улучшало условия роста сои, высота растений которой на вариантах локального рыхления почвы была больше на 2,1–3,8 см по сравнению с растениями на контроле.

Полевую влажность почвы рассчитывали по формуле:

$$W = 100a/y, \quad (2)$$

где W – полевая влажность, %; a – масса влаги испарившейся, г; y – масса сухой почвы, м.

Содержание влаги, по нашим наблюдениям, выравнивалось к сбору урожая и было в этот период практически одинаковым на всех вариантах опыта.

Урожайность сои в зависимости от вариантов опыта колебалась в пределах от 0,96 до 1,03 т/га (табл. 3). На всех вариантах безотвальной обработки почвы урожайность зерна была больше, чем на контроле на 0,03–0,07 т/га. Наибольшей урожайностью была на вариантах безотвальной обработки почвы на глубину 40 см составила 1,03 т/га.

Итак, исследуемые способы безотвальной обработки почвы создают благоприятные условия для роста и развития сои и обеспечивают получение урожайности зерна несколько выше по сравнению со вспашкой.

Вывод

Локальное рыхление почвы способствовало увеличению полевой всхожести семян на 0,4–0,9 % и густоты всходов – на 3–6 тыс./га. Урожайность зерна сои на вариантах безотвальной обработки почвы была больше на 0,03–0,07 т/га по сравнению со вспашкой.

Литература

1. Мельник В.И. Эволюция систем земледелия – взгляд в будущее // Земледелие. 2015. № 1. С. 8–12.
2. Сыромятников Ю.Н., Храмов Н.С., Войнаш С.А. Гибкий элемент в составе рабочих органов ро-

Таблица 3

Урожайность сои в зависимости от основной обработки почвы, т/га

Вариант	Год			Среднее	Разница
	2015	2016	2017		
Вспашка, 18–20 см	0,86	0,96	1,06	0,96	–
Чизель, 18–20 см (лапы через 0,5 м)	1,04	0,99	0,94	0,99	0,03
Чизель, 18–20 см (лапы через 1,0 м)	1,06	0,90	1,05	1,00	0,04
Чизель, 20–22 см (лапы через 3,0 м)	1,20	0,80	1,03	1,01	0,05
Чизель, 40 см (лапы через 3,0 м)	1,15	1,05	0,89	1,03	0,07
НСР ₀₅ , ц	0,31	0,42	0,37		

ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- торной почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 5. С. 32–40.
3. Корниенко С.И., Пашенко В.Ф., Мельник В.И., Огурцов Е.Н. Обоснование параметров чизельных рабочих органов // Инженерия природокористування. 2014. № 2. С. 74–79.
 4. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И. Оптимальный профиль передней поверхности чизельного рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. №. 12 (2). С. 26–30.
 5. Сыромятников Ю.Н. Обоснование формы наральника минимального тягового сопротивления // Сільськогосподарські машини. 2018. № 39. С. 117–132.
 6. Сыромятников Ю.Н. Обоснование профиля рыхлительной лапы методом вариационного исчисления // Агротехника и энергообеспечение. 2018. № 3 (20). С. 76–84.
 7. Сыромятников Ю.Н. Исследование процесса работы экспериментального культиватора для сплошной обработки почвы // Аэкономіка: економіка і сільське господарство. 2018. № 4 (28). С. 4.
 8. Пашенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н. Почвообрабатывающая приставка к зерновой сеялке в технологиях «No till» // Аэкономіка: економіка і сільське господарство, 2018. № 3 (27). С. 6.
 9. Пашенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н., Храмов Н.С. Физическая сущность процесса взаимодействия с почвой рабочего органа с гибким элементом // Сельское хозяйство. 2017. №. 3. С. 33–42.
 10. Пашенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н., Храмов Н.С. Качественные показатели работы почвообрабатывающей машины с применением гибкого рабочего органа в системах «органического земледелия» // збірник тез міжнародної науково-практичної конференції: «Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах» – сел. Селекційне Харківської обл.: ИОБ НААН, 2018. С. 94–100.
 11. Сыромятников Ю.Н. Пути снижения удельного давления колесных движителей на почву // Сельское хозяйство. 2017. № 4. С. 95–103.
 12. Пашенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н., Храмов Н.С. Физическая сущность процесса взаимодействия с почвой рабочего органа с гибким элементом // Сельское хозяйство. 2017. № 3. С. 33–42.
 13. Сыромятников Ю.Н. Показатели качества работы почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. № 12 (3). С. 38–44.
 14. Медведев В.В. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур. К.: Урожай, 1991. 173 с.
 15. Сыромятников Ю.Н. Повышение эффективности технологического процесса движения почвы по лемеху почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельское хозяйство. 2017. № 1. С. 48–55.
 16. Карабутов А.П., Уваров Г.И. Изменение агрохимических показателей чернозема при длительном применении удобрений и обработок // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 7. С. 25–28.
 17. Коржов С.И. Влияние обработки почвы на биологические процессы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 3. С. 14–17.
 18. Parvin, Nargish, Mohammed Masud Parvage, and Ararso Etana. «Effect of mouldboard ploughing and shallow tillage on sub-soil physical properties and crop performance». *Soil science and plant nutrition* 60.1 (2014). P. 38–44.
 19. Денисов Е.П. и др. Влияние энергосберегающих обработок на биологическую активность почвы в посевах ячменя // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1. С. 111–118.
 20. Шарков И.Н. Минимизация обработки и ее влияние на плодородие почвы // Земледелие. 2009. № 3. С. 24–27.
 21. URL: <https://fermer.ru/forum/zerno-i-zernoobrabotka/156948>.
 22. Yoo, G., and M. M. Wander. 2008. Tillage Effects on Aggregate Turnover and Sequestration of Particulate and Humified Soil Organic Carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72:670-676. DOI:10.2136/sssaj2007.0110.
 23. Fiedler, S. R., Leinweber, P., Jurasinski, G., Eckhardt, K.-U., and Glatzel, S.: Tillage-induced short-term soil organic matter turnover and respiration, *SOIL*, 2, 475-486. URL: <https://doi.org/10.5194/soil-2-475-2016>, 2016.
 24. Zheng H, Liu W, Zheng J, Luo Y, Li R, Wang H, et al. (2018) Effect of long-term tillage on soil aggregates and aggregate-associated carbon in black soil of Northeast China. *PLoS ONE* 13(6): e0199523. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199523>.

References

1. Mel'nik V.I. The evolution of farming systems – a look into the future. *Zemledelie*. 2015. No 1, pp. 8–12 (in Russ.).
2. Syromyatnikov YU.N., Hramov N.S., Vojnash S.A. A flexible element included in the working

- bodies of a rotary tillage cultivating and separating machine. *Traktory i sel'hozmashiny*. 2018. No 5, pp. 32–40 (in Russ.).
3. Kornienko S.I., Pashchenko V.F., Mel'nik V.I., Ogurcov E.N. Justification of the parameters of the chisel working bodies. *Inzheneriya prirodnokoristuvannya*. 2014. No 2, pp. 74–79 (in Russ.).
 4. Lobachevskij YA.P., Starovojtov S.I. Optimal profile of the anterior surface of the chisel working body. *Sel'sko-hozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2018. No 12 (2), pp. 26–30 (in Russ.).
 5. Syromyatnikov YU.N. Substantiation of the opener tip form of minimum traction resistance. *Sil's'ko-gospodars'ki mashini*. 2018. No 39, pp. 117–132 (in Russ.).
 6. Syromyatnikov YU.N. Justification of the profile of the cultivating paw by the method of calculus of variations. *Agrotekhnika i energoobespechenie*. 2018. No 3 (20), pp. 76–84 (in Russ.).
 7. Syromyatnikov YU.N. Study of the operation of an experimental cultivator for continuous tillage. *Aekonomika: ekonomika i sel'skoe hozyajstvo*. 2018. No 4(28), pp. 4 (in Russ.).
 8. Pashchenko V.F., Syromyatnikov YU.N. The tillage attachment to the grain seeder in the technology «No till». *Aekonomika: ekonomika i sel'skoe hozyajstvo*, 2018. No 3(27), pp. 6 (in Russ.).
 9. Pashchenko V.F., Syromyatnikov YU.N., Hramov N.S. The physical essence of the process of interaction with the soil of the working body with a flexible element. *Sel'skoe hozyajstvo*. 2017. No 3, pp. 33–42 (in Russ.).
 10. Pashchenko V.F., Syromyatnikov YU.N., Hramov N.S. Qualitative performance indicators of a tillage machine using a flexible working body in “organic farming” systems. *Zbirnik tez mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii: «Teoretichni i praktichni aspekti rozvitku galuzi ovochivnictva v suchasnihi umovah»* [The abstract of the international scientific-practical conference: «Theoretical and practical aspects of the development of the vegetable industry in modern conditions»] – sel. Selekcijne Harkivs'koï obl.: IOB NAAN, 2018, pp. 94–100 (in Russ.).
 11. Syromyatnikov YU.N. Ways to reduce the specific pressure of wheel movers on the soil. *Sel'skoe hozyajstvo*. 2017. No 4, pp. 95–103 (in Russ.).
 12. Pashchenko V.F., Syromyatnikov YU.N., Hramov N.S. The physical essence of the process of interaction with the soil of the working body with a flexible element. *Sel'skoe hozyajstvo*. 2017. No 3, pp. 33–42 (in Russ.).
 13. Syromyatnikov YU.N. Indicators of the quality of work of the soil cultivating and separating machine. *Sel'sko-hozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2018. No 12 (3), pp. 38–44 (in Russ.).
 14. Medvedev V.V. *Pochvenno-ekologicheskie usloviya vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur* [Soil-ecological conditions of crop cultivation]. Kiev: Urozhaj Publ., 1991. 173 p.
 15. Syromyatnikov YU.N. Improving the efficiency of the technological process of soil movement through the plough-share of a cultivating and separating machine. *Sel'skoe hozyajstvo*. 2017. No 1, pp. 48–55 (in Russ.).
 16. Karabutov A.P., Uvarov G.I. Change in agrochemical parameters of chernozem with prolonged use of fertilizers and treatments. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2011. No 7, pp. 25–28 (in Russ.).
 17. Korzhov S.I. The effect of soil cultivation on biological processes. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010. No 3, pp. 14–17 (in Russ.).
 18. Parvin, Nargish, Mohammed Masud Parvage, and Ararso Etana. «Effect of mouldboard ploughing and shallow tillage on sub-soil physical properties and crop performance». *Soil science and plant nutrition* 60.1 (2014): 38–44.
 19. Denisov E.P. i dr. The effect of energy-saving treatments on the biological activity of the soil in barley crops. *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2018. No 1, pp. 111–118 (in Russ.).
 20. SHarkov I.N. Minimizing cultivation and its effect on soil fertility. *Zemledelie*. 2009. No 3, pp. 24–27 (in Russ.).
 21. <https://fermer.ru/forum/zerno-i-zernoobrabotka/156948>
 22. Yoo G., and M.M. Wander. 2008. Tillage Effects on Aggregate Turnover and Sequestration of Particulate and Humified Soil Organic Carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72:670-676. doi:10.2136/sssaj2007.0110
 23. Fiedler, S. R., Leinweber, P., Jurasinski, G., Eckhardt, K.-U., and Glatzel, S.: Tillage-induced short-term soil organic matter turnover and respiration, *SOIL*, 2, 475-486, <https://doi.org/10.5194/soil-2-475-2016>, 2016.
 24. Zheng H, Liu W, Zheng J, Luo Y, Li R, Wang H, et al. (2018) Effect of long-term tillage on soil aggregates and aggregate-associated carbon in black soil of Northeast China. *PLoS ONE* 13(6): e0199523. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199523>.