

УДК 631.588

## **ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО В СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

КУДРЯ С. И.,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия,  
Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева,  
г. Харьков, Украина, [Kudryasi.com@gmail.com](mailto:Kudryasi.com@gmail.com), +380990381331.

ТАРАРИКО Ю. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-  
корреспондент Национальной академии аграрных наук Украины, заведующий  
отделом агроресурсов и информационных технологий, Институт водных  
проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины,  
г. Киев, Украина, [urtar@bigmir.net](mailto:urtar@bigmir.net), +380984580536.

КУДРЯ Н. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры  
земледелия, Харьковский национальный аграрный университет им.  
В. В. Докучаева, г. Харьков, Украина, [kudrianadiiaa@gmail.com](mailto:kudrianadiiaa@gmail.com), +380685164603.

НЕДБАЕВ В. Н.,  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения и общего  
земледелия имени профессора В. Д. Мухи, ФГБОУ Курская ГСХА

**Реферат.** Цель исследования – установить закономерности формирования основной и нетоварной продукции растениеводства на чернозёме типичном. Оценить объёмы применения малоценной части урожая на удобрение в системе органического земледелия. В опыте, который заложен в 1962 г., изучали 16 вариантов полевых севооборотов. Использовалась органическая система земледелия с использованием на удобрение только нетоварной продукции урожая: солома зерновых и ботва свёклы сахарной. Анализы проводили в соответствии с общепринятыми в земледелии и агрохимии методами. При длительной заделке нетоварной продукции без применения минеральных удобрений в восточной Лесостепи Украины на чернозёме типичном зернобобовые культуры в среднем обеспечивают выход зерна до 2 т/га, однолетние травы – на уровне 15 т/га зелёной массы и кукуруза на силос до 25 т/га. Выход зерна пшеницы озимой по чистому пару составляет 4,21 т/га, после гороха – 3,66 т/га и после чины – 3,42 т/га с колебаниями его соотношения с соломой от 1:1,2 до 1:1,7. Урожайность корнеплодов свёклы сахарной имеет средний уровень 27 т/га, при соотношении с ботвой 1:0,4. Средняя урожайность зерна гречихи составляет 1,2-1,3 т/га при отсутствии корреляции с биомассой соломы с колебанием соотношения между ними от 1:1,6 до 1:3,5 и средним значением 1:2,2. Урожайность ячменя ярового после свёклы сахарной и гречихи имела средние показания 2,16 и 1,99 т/га при соотношении с соломой 1:1,34 и 1:1,35. Анализ урожайных данных в разрезе влияния первых культур на последующие показал, что в наибольшей степени предшественники влияют на пшеницу озимую и свёклу сахарную. Полученные результаты дают возможность определить объёмы производства нетоварной

продукции растениеводства по урожайным данным основной продукции с целью их использования на удобрение в системе органического производства.

**Ключевые слова:** урожай, основная продукция, нетоварная продукция, соотношение, органическое земледелие.

## **POTENTIAL OF PRODUCTIVITY OF TYPICAL CHERNOZEM IN ORGANIC AGRICULTURAL SYSTEM**

KUDRIA S. I.,

Ph D in Agricultural sciences, associate professor of Agricultural Department, Kharkov National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Kharkov, Ukraine, [KudryaSI.com@gmail.com](mailto:KudryaSI.com@gmail.com), +380990381331.

TARARIKO Y. A., Grand Ph D in Agricultural sciences, professor, corresponding member of National academy of agricultural sciences of Ukraine, head of department of agricultural resources and informational technologies, Institute of water problems and irrigation of National academy of agricultural sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, [urtar@bigmir.net](mailto:urtar@bigmir.net), +380984580536.

KUDRIA N. A., Ph D in Agricultural sciences, associate professor of Agricultural Department, Kharkov National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Kharkov, Ukraine, [kudrianadiiaa@gmail.com](mailto:kudrianadiiaa@gmail.com), +380685164603.

NEDBAEV V. N., candidate of agricultural Sciences, associate Professor of the Department of soil science and General agriculture named after Professor V. D. Muha Kursk state agricultural Academy

**Abstract.** The object of the study is understanding of the patterns of creation main and non-market productions of agriculture by typical chernozem. Evaluate volumes of applying of low-value part of harvest on fertilization in organic agriculture system. In expertise that has been found in 1962, there was studied 16 options of crop rotation. Has been used organic agriculture system with fertilization only by non-market productions, like: straw of grain and tops of sugar beet. The analysis has been conducted in accordance with generally accepted in agriculture and agriculture chemistry methods. With long-term incorporation of non-market productions without using mineral fertilizers in Eastern Forest-steppe of Ukraine on typical chernozem pulse crops on average deliver grain extraction up to 2 t/ha, annual herbs – up to 15 t/ha green material and corn silage up to 25 t/ha. Grain extraction of winter wheat fallow-only deliver up to 4,21 t/ha, after peas up to 3,66 t/ha and after lathyrus – 3,42 t/ha with fluctuations in ratio with straw between 1:1,2 and 1:1,7. Yields of root crops of sugar beets has average amounts 27 t/ha, with ratio with tops in 1:0,4. Average yield of buckwheat grains amounts 1,2-1,3 t/ha without correlation with straw mass with fluctuating ratio between 1:1,6 and 1:3,5 and average amount in ratio 1:2,2. Yields of spring barley after sugar beets and buckwheat has average amounts 2,16 and 1,99 t/ha with ratio with straw in between 1:1,34 and 1:1,35. The analysis of crop data of how first cultures effects on further revealed that predecessors particularly effect on winter wheat and sugar beets. The results give indications to define production volumes of non-market agricultural products by crop data of main products in purpose to use them as fertilizers in organic production system.

**Keywords:** harvest, main products, non-market products, ration, organic agriculture.

**Введение.** При развитой отраслевой структуре аграрного производства с животноводством, считалось, что для стабилизации содержания гумуса, на чернозёмах типичных в условиях Лесостепи в зерно-свекловичных севооборотах необходимо вносить 10-12, в Степи в зерно-паро-пропашных севооборотах – 8-9 т/га, а в зоне полесья на дерново-подзолистых супесчаных почвах в зерно-картофельных севооборотах – 14–15 т/га перегноя, а на более лёгких дерново-подзолистых песчаных – 18–20 т/га севооборота [1, 2, 3]. Теперь во всех зонах Украины наблюдается отрицательный баланс гумуса, что связано с существенным уменьшением применения органических удобрений и снижением в севооборотах удельного веса многолетних трав [4]. В среднем потери гумуса чернозёмами Украины составляют до 25–30 % от исходных их запасов, а ежегодные его потери составляют более чем 20 млн. т. [5]. Такое гумусовое состояние почв требует коренной коррекции современных систем земледелия и разработки методов, которые обеспечивают достижения бездефицитного баланса органического вещества и энергии в почве, как базиса стабильного развития аграрных производственных систем [6, 7]. Таким образом, через масштабное сокращение поголовья животных и мизерное производство традиционных органических удобрений теперь актуальным является использование на удобрение малоценной продукции растениеводства [8, 9, 10, 11]. Особенно это важно при внедрении органических систем земледелия [12], когда применение промышленных минеральных удобрений ограничено, а возобновляющие почву кормовые культуры, в частности многолетние бобовые травы, выращивать нет смысла.

**Цель исследования** – установить закономерности формирования основной и нетоварной продукции растениеводства на чернозёме типичном в восточной части Лесостепи Украины. Оценить объёмы применения малоценной части урожая на удобрение с целью регулирования гумусового состояния почвы в системе органического земледелия.

**Материал и методика исследования.** В опыте, который заложен в 1962 г., изучали 16 вариантов полевых севооборотов с различными предшественниками пшеницы озимой: чёрный пар, горох, чина, чечевица, вико-овсяная смесь, соя и кукуруза. Первая (№1–8) и вторая (№9–16) группа севооборотов отличаются третьей культурой: свёкла сахарная и гречиха, с одинаковой заключительной четвёртой культурой – ячменём яровым. Площадь посевной делянки 142,5 м<sup>2</sup>, учётной – 50–100 м<sup>2</sup>. Использовалась органическая система земледелия с использованием на удобрение только нетоварной продукции урожая: солома зерновых и ботва свёклы сахарной [13, 14, 15, 16].

Почва стационарного опыта чернозём типичный глубокий малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке с содержанием гумуса 4,94–5,21 % лужногидролизированного азота по Корнфилду – 80–130, подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову – 100–150 и 100–200 мг на 1 кг почвы соответственно, рН водное – 7,0; солевое – 5,2–5,6.

При закладке и проведении полевого стационарного опыта использовали методики Б. А. Доспехова [17], П. Н. Константинова [18], И. Ф. Деревецкого [19]. Отбор и подготовку образцов к анализу проводили по Ю. К. Кудзину [20]. Агрохимические анализы проводили соответственно общепринятых методов.

**Результаты исследования.** Анализ данных, полученных с 1996 по 2015 гг. показал, что урожайность первых культур севооборотов существенно колебалась относительно особенностей условий выращивания, что сложились под воздействием различных факторов. Так, выход зерна гороха колебался в пределах 0,80–3,17 т/га со средним значением 1,88 т/га, чины – 0,75–2,63 и 1,70 т/га, чечевицы – 1,15–2,46 и 1,69 т/га, фасоли 0,78–4,32 и 1,81 т/га (табл. 1) с коэффициентом вариации 30–33 % [21]. С кормовых культур, самой высокой продуктивностью отличалась кукуруза – от 12,6 до 43,4 т/га (зелёная масса) со средним показателем 22,7 т/га. Вико-овсяная смесь и соя максимально обеспечивали 24 и 22 т/га, минимально – 7 и 8 т/га со средним значением 15 и 14 т/га. Такими образом, урожайность как зернобобовых так и кормовых культур без применения главного фактора интенсификации земледелия – промышленных минеральных удобрений является невысокой. Не смотря на то, что в наиболее благоприятные годы, что имитируют искусственное регулирование водно-воздушного режима почвы, фасоль показывает значительно выше, чем другие бобовые культуры, уровни продуктивности.

Таблица 1 – Урожайность первых культур севооборотов, т/га

Культуры	Основная продукция			Нетоварная продукция			Соотношение основная/нетоварная		
	1*	2*	3*	1	2	3	1	2	3
Горох	0,80	1,88	3,17	1,12	2,83	4,51	1,40	1,50	1,42
Чина	0,75	1,70	2,63	1,75	2,49	3,20	2,33	1,47	1,22
Чечевица	1,15	1,69	2,46	2,14	2,81	3,29	1,86	1,66	1,34
Вико-овёс	7,0	14,7	23,8	–	–	–	–	–	–
Соя	8,0	13,8	22,0	–	–	–	–	–	–
Фасоль	0,78	1,81	4,32	1,82	2,55	4,54	2,33	1,41	1,05
Кукуруза	12,6	22,7	43,4	–	–	–	–	–	–

\* 1 – минимально, 2 – в среднем, 3 – максимально.

Объёмы накопления биомассы соломы также существенно колебались по годам и на горохе были в пределах 1,12–4,51 т/га со средним значением 2,83 т/га, на чине – 1,75–3,20 и 2,49 т/га, на чечевице – 2,14–3,29 и 2,81 т/га и на фасоли – 1,82–4,54 и 2,55 т/га соответственно. На всех исследуемых бобовых культурах за исключением гороха в менее благоприятные годы соотношение зерна к соломе имеет тенденцию к расширению, а при высокой урожайности основной продукции – к сужению. В среднем этот показатель колебался от 1,41 на фасоли до 1,66 на чечевице, со значением на горохе и чине на уровне 1,5.

Для экспертного установления объемов накопления на поле биомассы малоценной части урожая исследуемых бобовых культур относительно условий района расчётным способом можно также использовать следующие уравнения: 1 – для гороха, 2 – для фасоли, 3 – для чины, 4 – для чечевицы.

$$y = 1,145x + 0,67 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,72$$

$$y = 0,824x + 1,06 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,81$$

$$y = 0,986x + 0,80 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,73$$

$$y = 0,95x + 1,09 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,83$$

где:  $x$  – урожай зерна;  $y$  – урожай соломы.

Анализ влияния различных показателей на урожайность зерна и соломы пшеницы озимой производился по севообороту с чистым паром, горохом и чинной. В среднем за 18 лет исследований выход зерна по чистому пару составил 4,21 т/га, после гороха – 3,66 т/га и после чины – 3,42 т/га, соломы – 6,17; 5,46 и 4,81 т/га соответственно, с соотношением 1,47; 1,50 и 1,41. В наиболее благоприятном 2005 г. Урожайность пшеницы озимой после упомянутых предшественников составила 6,84; 6,04 и 5,54 т/га, соломы накапливалось 8,35; 7,44 и 7,95 т/га с их соотношением 1:1,3. Наоборот, самая низкая продуктивность культур составляла по зерну 1,81; 1,69 и 1,58 т/га, по соломе – 3,10; 2,86 и 2,62 т/га с соотношением на уровне 1:1,7.

Полученные результаты показывают одинаковую закономерность динамики продуктивности культуры относительно условий отдельных лет по всем трём предшественникам с коэффициентом корреляции 33-37%. Во всех случаях отмечается тесная корреляция между урожайностью зерна и соломы (рис. 1), и между колебанием соотношения между ними после предшественников (рис. 2).

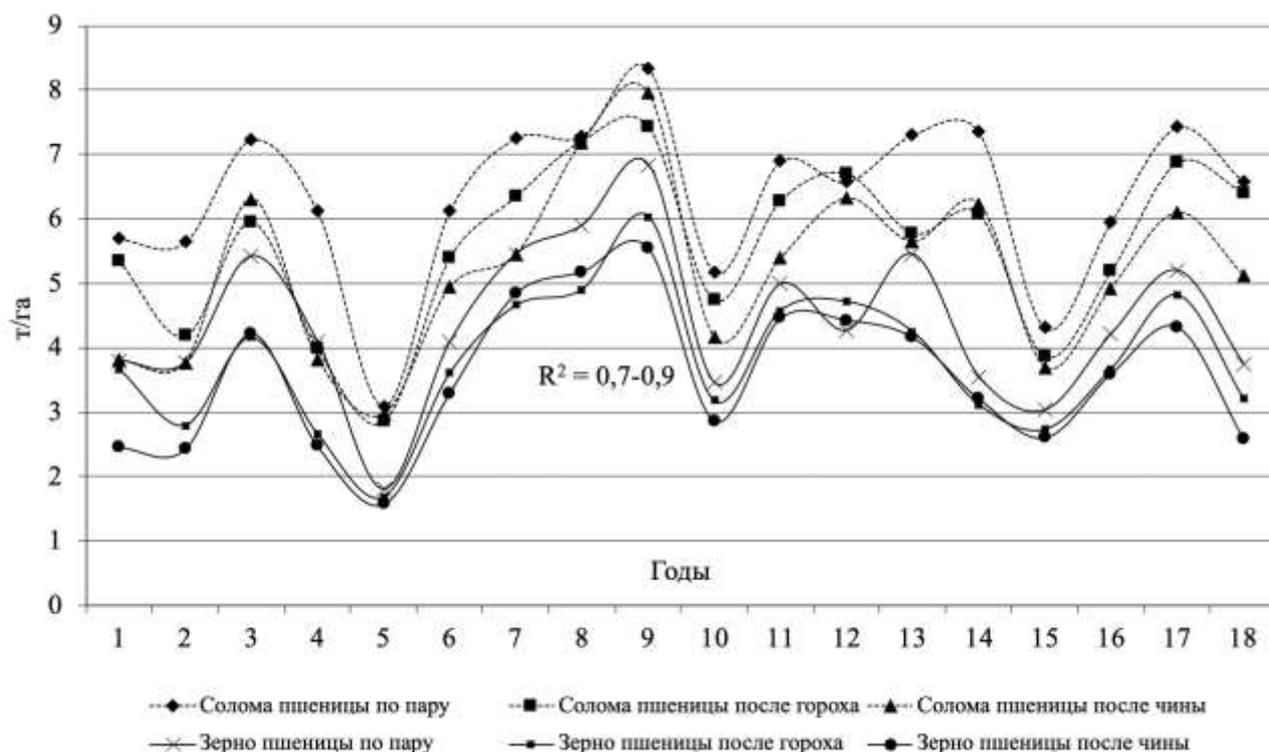


Рисунок 1 – Динамика колебания продуктивности пшеницы озимой по зерну и соломе после различных предшественников.

Корреляционный анализ многолетних рядов урожайных данных по пшенице озимой, условий увлажнения, агрохимических показателей почвы показал наличие прямой связи между климатическим водным балансом (КВБ) [22] и количеством доступного азота (5), запасами азота и урожаем зерна (6) и обратной связи между азотным режимом и пропорцией между основной и нетоварной продукцией (рис. 3).

$$y = 0,219x + 140 \quad (5)$$

$$R^2 = 0,57$$

где:  $x$  – климатический водный баланс, мм;

$y$  – запасы азота, кг/га

$$y = 0,0284x - 7 \quad (6)$$

$$R^2 = 0,68$$

где:  $x$  – запасы азота, кг/га;

$y$  – урожай зерна, т/га

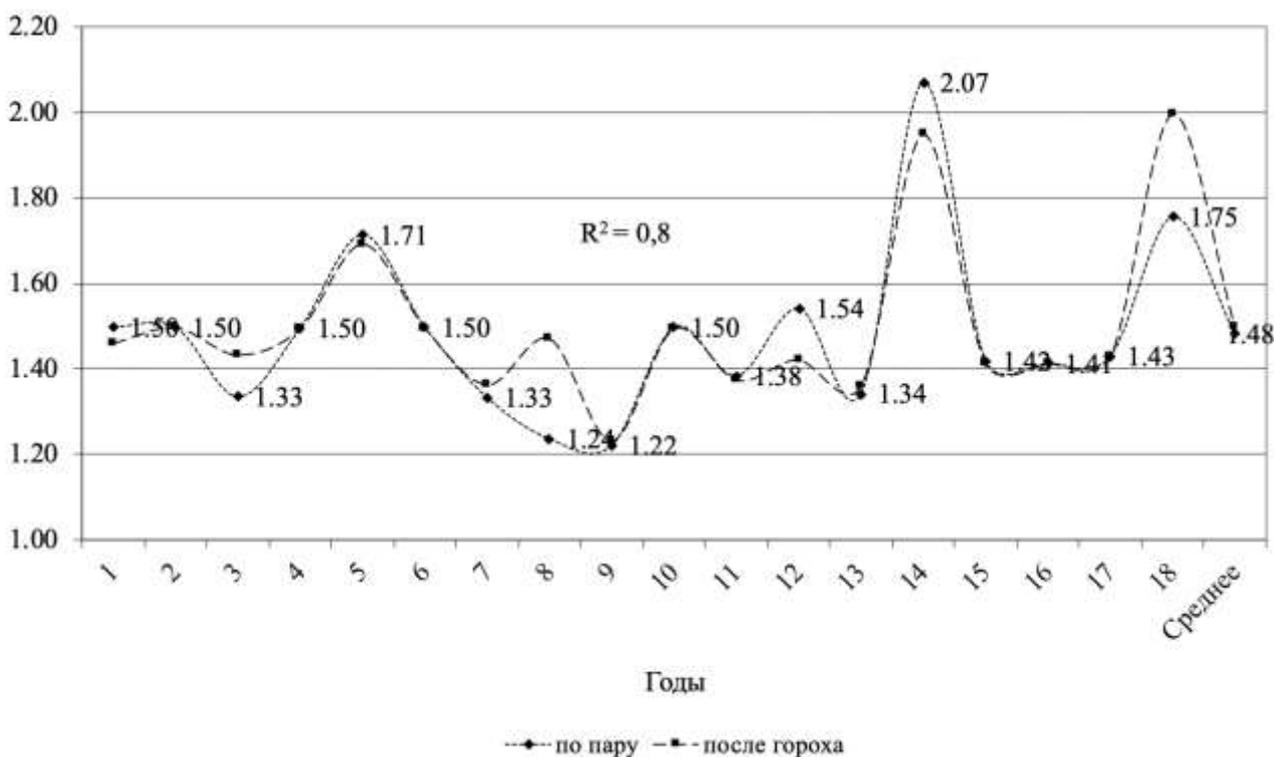


Рисунок 2. Динамика колебания соотношения зерна и соломы при различных предшественниках.

Так, например, если запасы щёлочногидролизруемого азота соответственно погодных условий в поле чистого пара росли в слое 0–30 см до 460 кг/га то соотношение между зерном и соломой было на уровне 1:1,3. При снижении количества доступного азота до 320 кг/га происходит рост отмеченного показателя до 1:1,7. То есть с улучшением азотного питания доля стеблевой части увеличивается по отношению к колосовой. В целом рассчитать количество соломы относительно урожая зерна пшеницы можно по формуле 7

$$y = 0,98x + 2 \quad (7)$$

$$R^2 = 0,9$$

Урожайность гречихи также зависела от особенностей условий отдельных лет и существенно колебалась во времени. Так, в севообороте с чистым паром в наименее благоприятном году выход зерна составлял 0,81 т/га, максимально достигал 1,92 т/га со средним уровнем 1,33 т/га и коэффициентом вариации 23–25 %. Эти показатели по соломе соответственно равнялись 2,16; 4,83 и 2,85 т/га но достоверной связи между основной и нетоварной продукцией этой культуры не установлено с колебаниями соотношения от 1:1,6 до 1:3,5 и средним значением – 1:2,2. При этом, как видно на примере севооборотов с чистым паром и горохом, закономерности данного показателя относительно особенностей года сохраняются по всем предшественникам пшеницы (рис. 4).

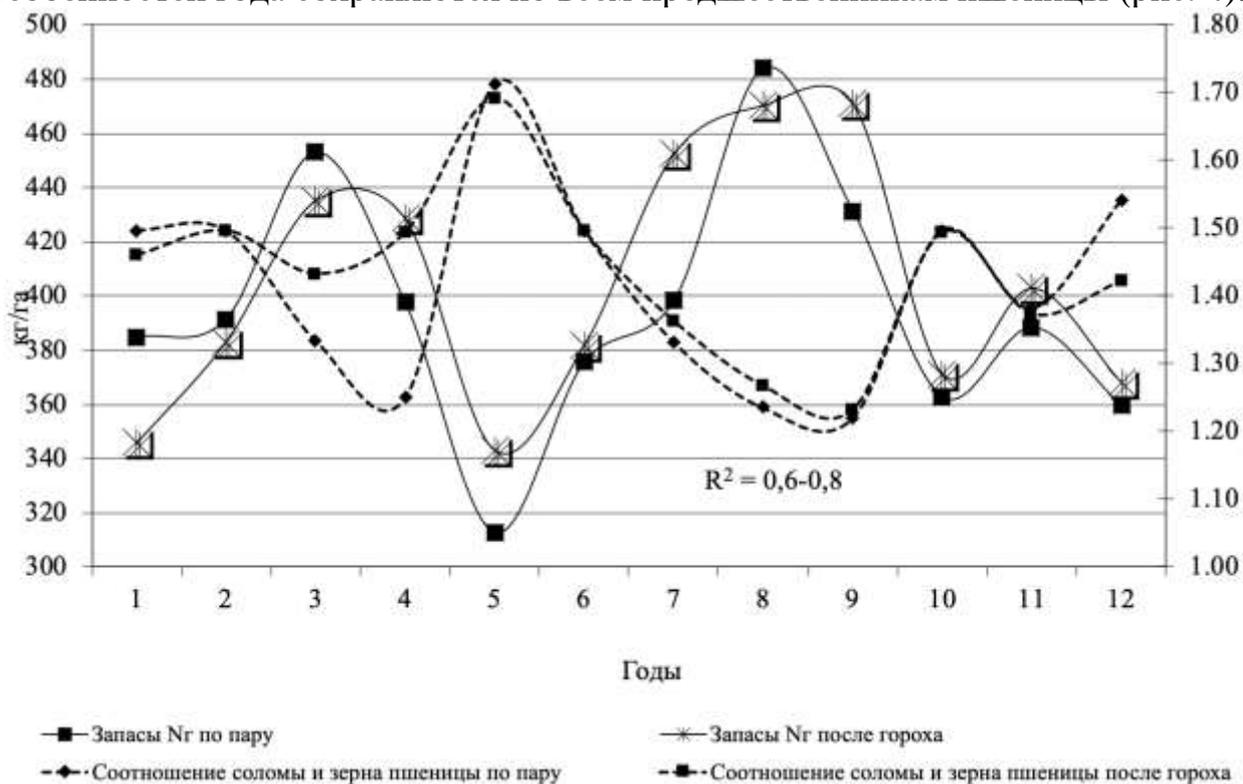


Рисунок 3 – Зависимость между запасами азота и соотношением зерна и соломы пшеницы озимой.

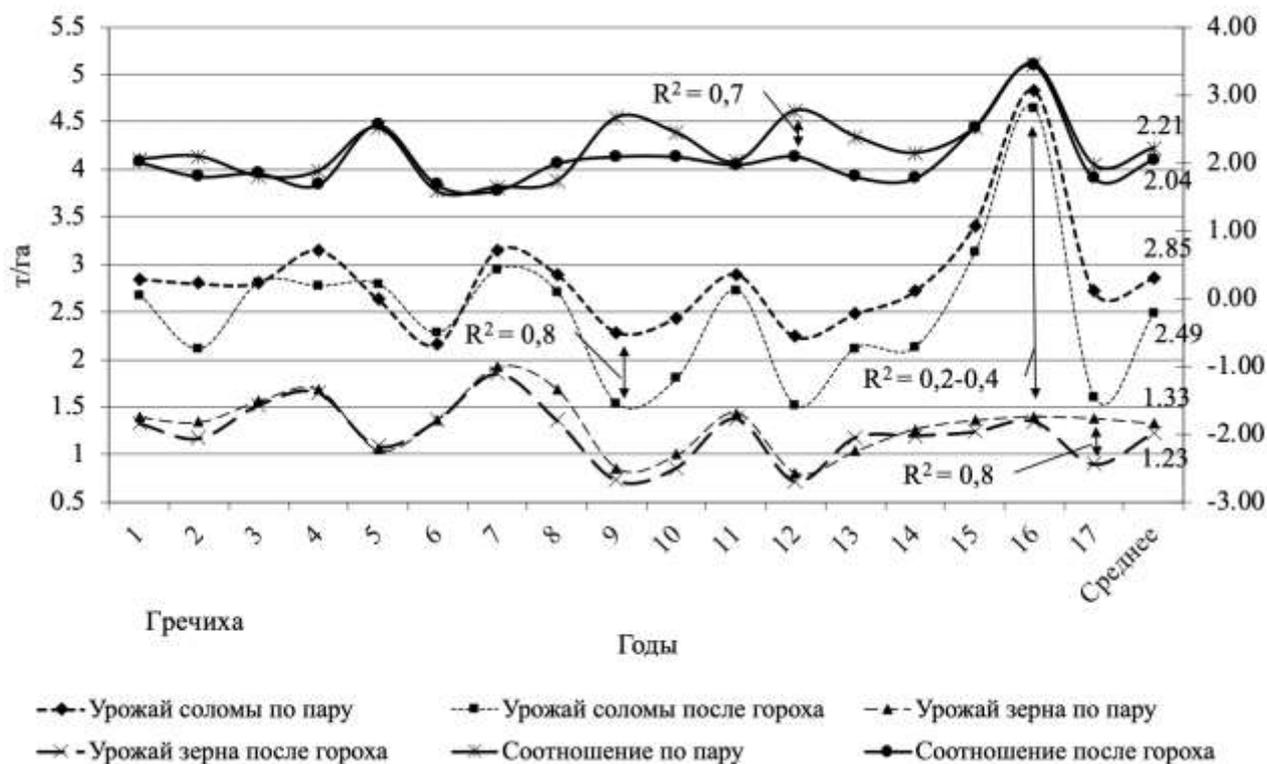


Рисунок 4 – Динамика колебания продуктивности гречихи по зерну и соломе и соотношение между ними.

В процессе обработки полученных экспериментальных данных было установлено, что на урожайность соломы гречихи влияют суммарные запасы доступного фосфора и обменного калия в пахотном слое почвы, которые в зависимости от условий года колебались от 600 до 1200 кг/га (рис 5). В свою очередь установлено обратные зависимости между содержанием этих элементов и количеством осадков с января по апрель (8, 9):

$$y = -0,538x + 228 \quad (8)$$

$$R^2 = 0,72$$

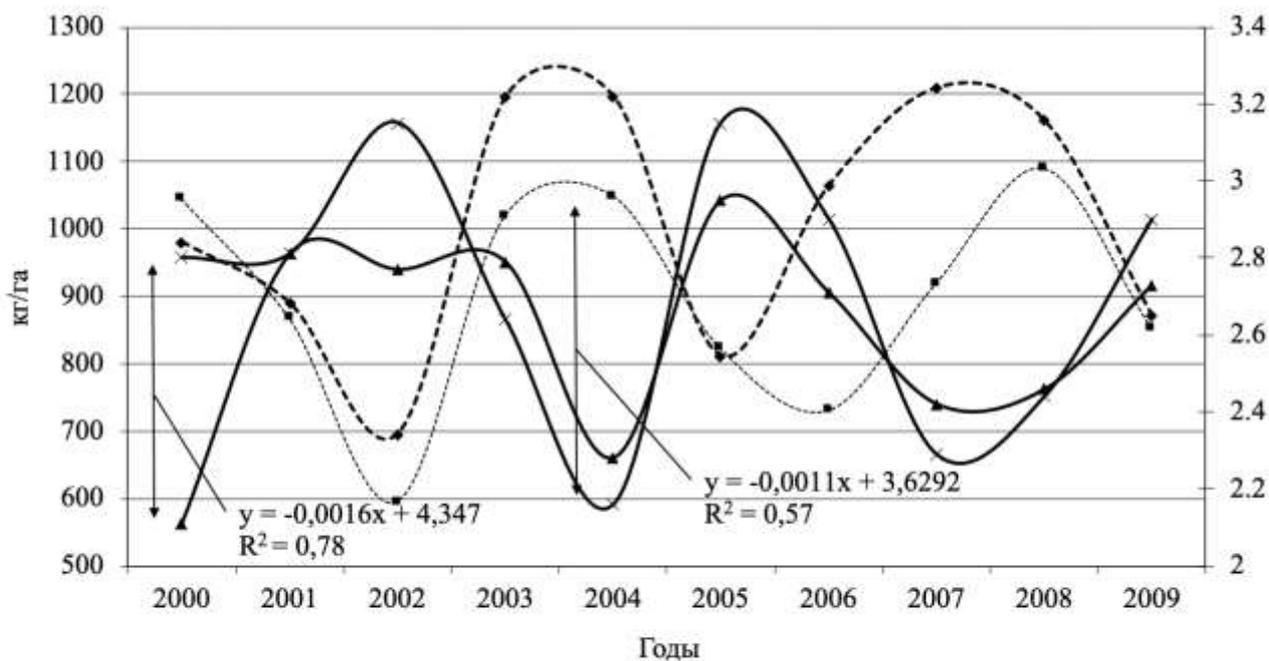
$$y = -0,621x + 258 \quad (9)$$

$$R^2 = 0,63$$

где:  $x$  – количество осадков за январь–апрель, мм;

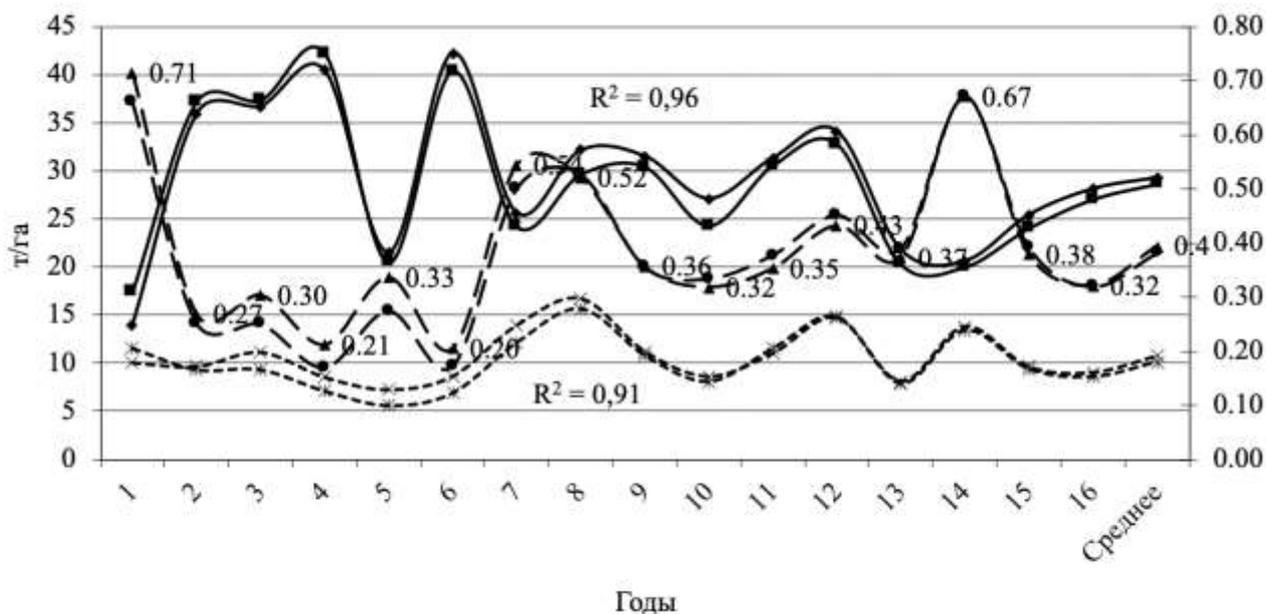
$y$  – содержание фосфора (8) или калия (9), мг/кг почвы

Колебания урожайности корнеплодов свёклы сахарной в зависимости от особенностей условий года в среднем по севооборотах было в пределах 14–41 т/га со средним уровнем 27,4 т/га, ботвы – 6,1–15,3 и 9,9 т/га соответственно с повторяемостью по всех исследуемых севооборотах (рис. 6). Но достоверное соотношения между ними 0,4. При этом закономерности изменений урожайности корнеплодов и ботвы под влиянием отдельных специфических факторов связи между выходом основной и нетоварной продукции культуры не установлено. В то же время существует невысокая статистическая зависимость между соотношением корнеплоды : ботва и урожаем корнеплодов и пряма между этим соотношением и урожаем ботвы с  $R^2 = 0,50–0,55$ .



- - - Фосфор и калий (кг/га) в севообороте с паром      - · - Фосфор и калий (кг/га) в севообороте с горохом  
 —▲— Урожай соломы (т/га) в севообороте с паром      —■— Урожай соломы (т/га) в севообороте с горохом

Рисунок 5 – Зависимость между запасами фосфора и калия и урожаем соломы гречихи.



—■— Корнеплоды в звене с паром      —■— Корнеплоды в звене с горохом  
 - - - Ботва в звене с паром      - - - Ботва в звене с горохом  
 —▲— Корнеплоды соотношение      —●— Ботва соотношение

Рисунок 6 - Динамика колебания продуктивности свёклы сахарной по корнеплодам и ботве и соотношение между ними.

Ячмень яровой выращивался после свёклы сахарной и гречихи. Его урожайность соответственно колебалась в пределах 0,77–3,27 и 0,82–4,24 т/га со средними показателями 2,16 и 1,99 т/га с коэффициентом вариации 36–37 %.

Средние объёмы накопления ячменной соломы составляют после гречихи 2,42, после свёклы сахарной – 2,71 т/га с соотношением 1:1,34 и 1:1,35. Показатель достоверности аппроксимации между урожайностью зерна ячменя после предшественников составляет 0,64, между соотношением основной и нетоварной продукции – 0,79 (рис. 7). То есть на продуктивность культуры в большей степени влияли независимо от предшественника одни и те же факторы относительно особенностей условий отдельных лет.

Поиск взаимосвязи между экспериментальными данными показал наличие зависимости между суммарными запасами азота, фосфора и калия, урожаем зерна, соломы и соотношением основной и нетоварной продукции. Количество элементов питания в 30 см слое почвы в зависимости от увлажнения отдельных лет колебалась от 800 до 1500 кг/га. Достоверность аппроксимации этого показателя с выходом соломы составляет 0,62, а с соотношением основной и нетоварной продукции – 0,67 (рис. 8). В свою очередь корреляционная связь между соломой и зерном ячменя ярового отражается с достоверностью 0,66. Это положение подтверждается сопоставлением соотношения основной и нетоварной продукции культуры по годам в различных севооборотах, что включают чистый пар и свёклу сахарную, горох и свёклу, а также пар и гречиху с  $R^2 = 0,76–0,98$  с колебаниями 0,9–2,7 и средними значениями 1,36; 1,38 и 1,34 соответственно. В целом для расчета объёмов соломы ячменя, что остаётся на поле, для условий района можно использовать формулу (10)

$$y = 0,6923x + 1,1143 \quad (10)$$

$$R^2 = 0,86$$

где:  $y$  – выход соломы;  
 $x$  – урожай зерна

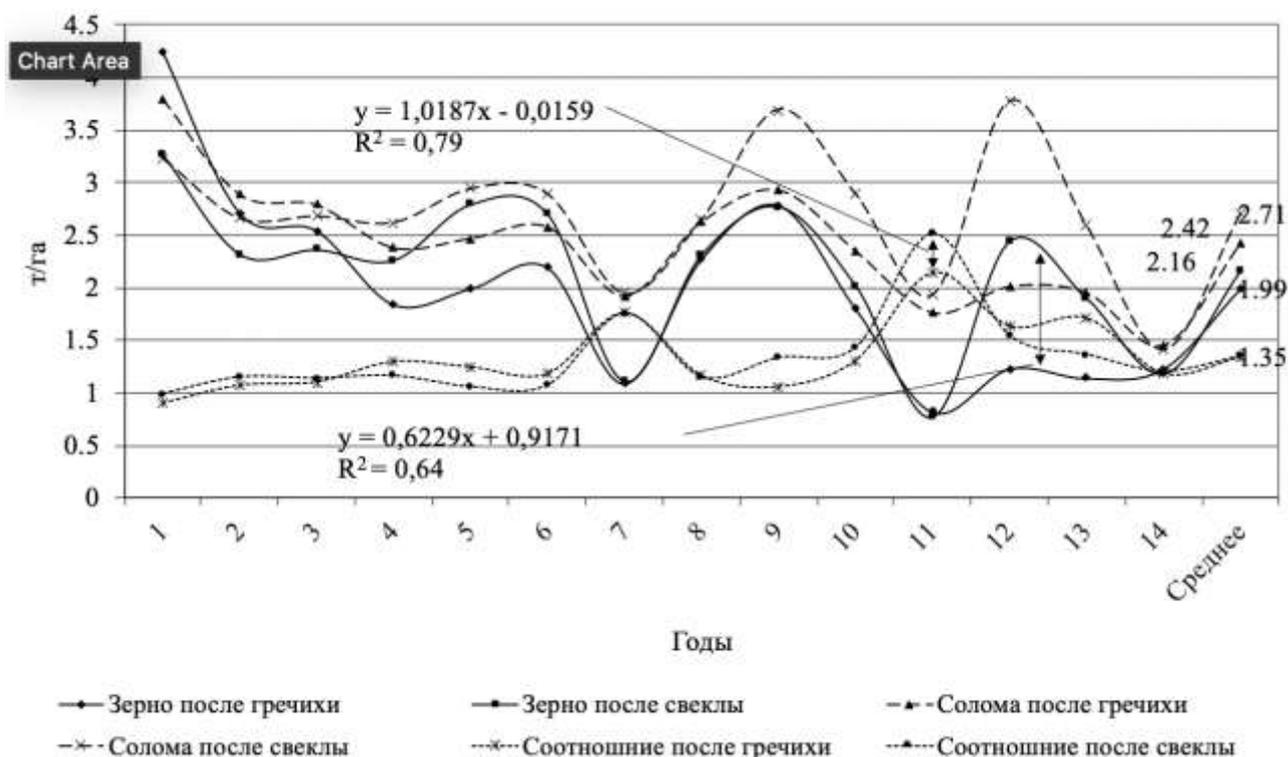


Рисунок 7 – Динамика колебания продуктивности по зерну и соломе и соотношения между ними.

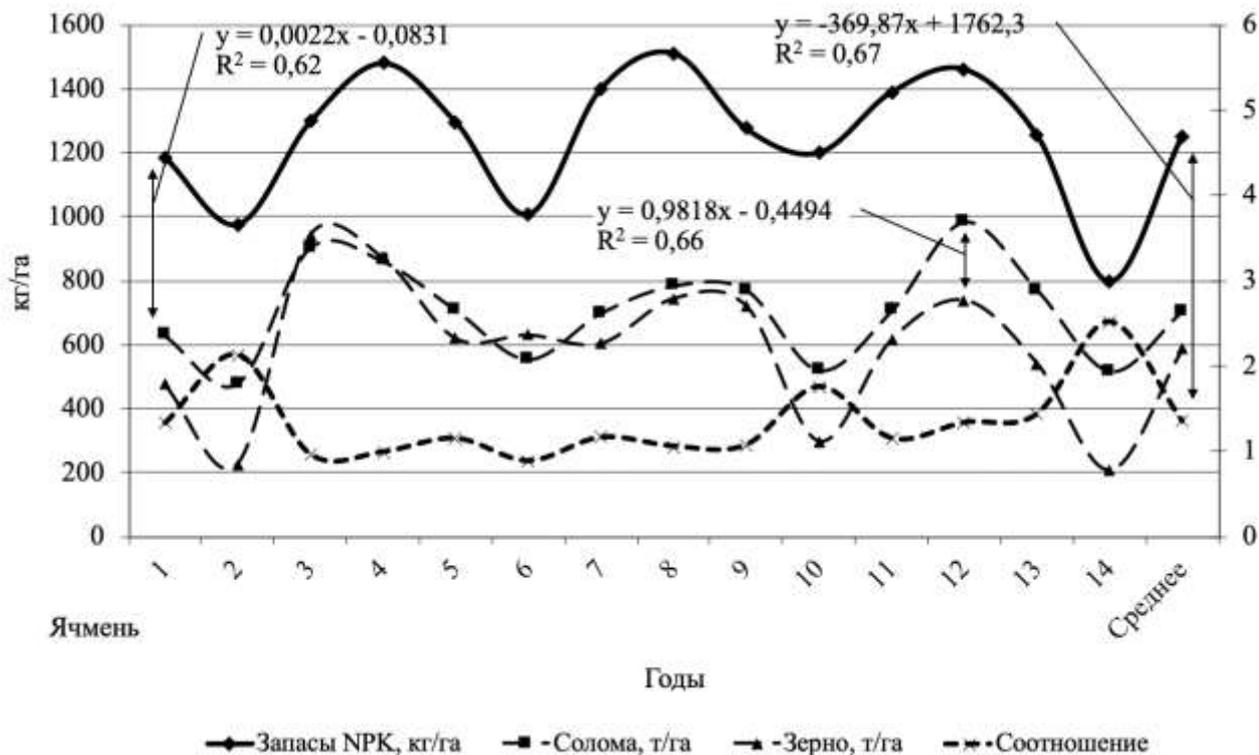


Рисунок 8 – Зависимость между запасами азота, фосфора и калия и урожаем соломы и зерна ячменя ярового.

Анализ урожайных данных в разрезе влияния первых культур на последующие культуры показал наличие определённых закономерностей. Так с рис. 9 видно, что в большей мере предшественники влияют на последующую пшеницу озимую. В среднем по годам самая высокая урожайность отмечается по чистому пару – 4,21 т/га. После других первых бобовых культур выход зерна был достоверно ниже на 13–19 %. После кукурузы пшеница обеспечивает в среднем по годам исследований 2,8 т/га, что почти на 34 % меньше от пара.

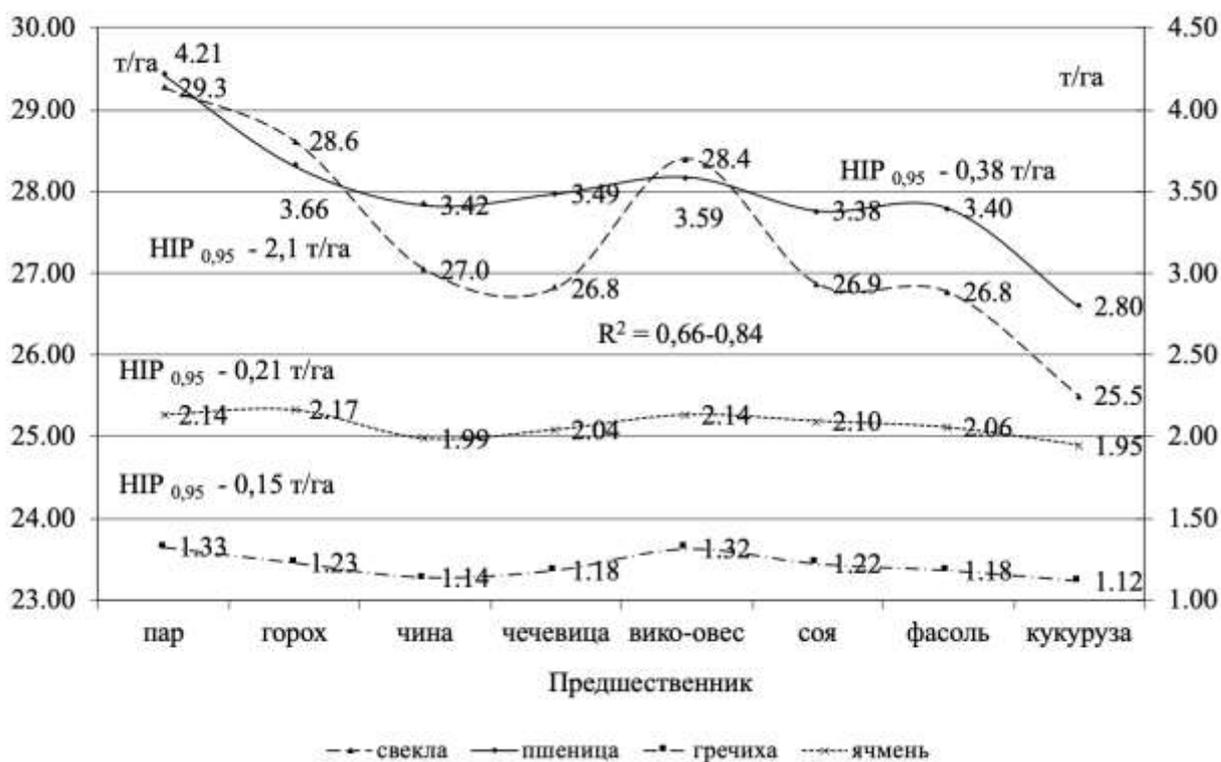


Рисунок 9 – Влияние первых культур на другие культуры севооборотов.

Аналогичная закономерность наблюдается на свёкле сахарной. После гороха, занятого и чистого паров средняя урожайность культуры была на уровне 28–29 т/га, после других бобовых предшественников выход корнеплодов достоверно снижался до уровня 27 т/га, после кукурузы – до 26 т/га.

В меньшей степени исследуемые предшественники влияли на гречиху и особенно, ячмень яровой. Несмотря на то, что существует довольно весомая статистическая зависимость, которая подтверждает наличие такого влияния. Так, например зависимость между рядами урожайных данных гречихи и пшеницы озимой по предшественниках отражается  $R^2 = 0,66$ . Указанные закономерности касаются и нетоварной продукции. Например, горох, чистый и занятый пары обеспечивали выход ботвы свёклы сахарной выше 10 т/га, другие предшественники, и особенно кукуруза, заметно ниже. В пшенице озимой количество соломы по чистому пару составило почти 6,2 т/га, после кукурузы – на уровне 4,0 т/га, с  $R^2 = 0,64-0,66$  между культурами севооборота.

Такое положение можно объяснить тем, что кукуруза на силос, в отличие от других предшественников, имеет относительно высокую продуктивность и вынос из почвы доступных элементов питания. Например, при средней урожайности зернобобовых 2 т/га с зерном выносятся из почвы около 70 кг/га азота, 18 кг/га фосфора и 26 кг/га калия, всего 114 кг/га. При продуктивности кукурузы 23 т/га зелёной массы, с ней будет извлечено биогенных элементов почти в два раза больше. Особенно это сравнение касается чистого пара, где все макро- и микроэлементы сохраняются для последующих культур.

Существенное влияние первых культур исследуемых севооборотов во времени проявилось на основную и нетоварную продукцию, что отразилось в выравнивании соотношения между ними. Например, пропорция между

корнеплодами свёклы и ботвой была в пределах 0,35–0,37, между соломой и зерном пшеницы, гречихи и ячменя – 1,4–1,5; 1,8–2,0 и 1,3 соответственно.

Если сравнивать суммарную за 20 лет продуктивность исследуемых севооборотов в среднем по четырём полям, то преимущество будет иметь ротация с горохом – 40 т/га зерна и 60 т/га сухого вещества соломы. Севообороты с паром, чиной, чечевицей и фасолью по этим показателям можно считать равноценными с продуктивностью основной продукции 34–37 т/га, нетоварной – 52–56 т/га с соотношением между ними 1:1,5 (рис 10). По внедрению в данном районе подобных севооборотов для производства органической продукции растениеводства с целью определения объёмов накопления малоценной части урожая на удобрение для воспроизведения гумусового состояния почвы целесообразно использовать уравнение (11)

$$y = 1,23x + 10,2 \quad (11)$$

$$R^2 = 0,85$$

где:  $x$  – продуктивность севооборота по основной продукции;

$y$  – выход нетоварной продукции

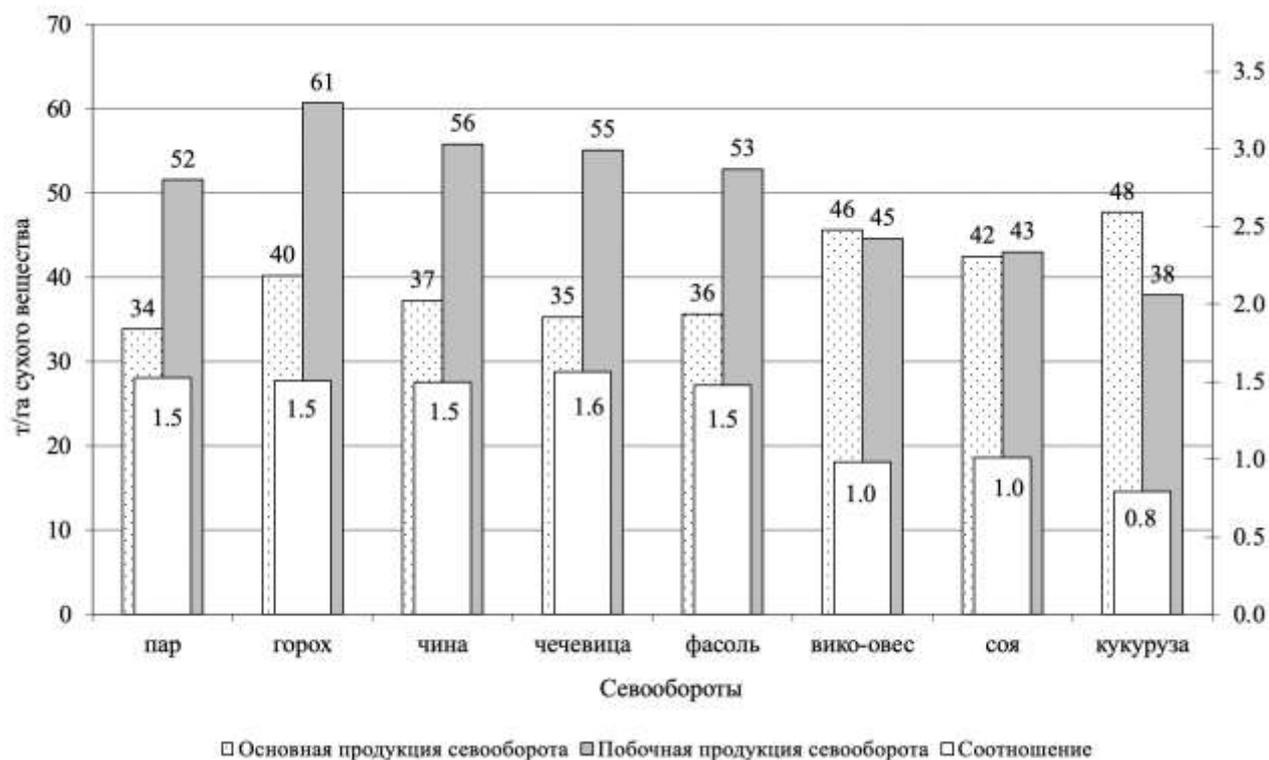


Рисунок 10 – Суммарная во времени продуктивность севооборотов по опытным полям по основной и нетоварной продукции и соотношение между ними.

В севооборотах с кормовыми культурами, зелёную массу которых пересчитано на сухое вещество и отнесено к основной продукции (не используется на удобрение), продуктивность пашни составляет 42–48 т/га с соотношением к нетоварной продукции на уровне 0,9–1,0. То есть, с точки зрения пополнения органического углерода минерализованного гумуса в зерновых севооборотах ежегодно в почву поступало 2,6–3,0 т/га, в кормовых – 1,9–2,2 т/га сухого вещества. В пересчёте на подстилочный перегной [23] это

будет соответствовать 9–10 и 7–8 т/га, что должно обеспечивать воспроизводство гумусового состояния в лесостепной зоне Украины. С другой стороны, если коэффициент гумификации соломы принять 0,2 [24], а ежегодная минерализация гумуса под зерновыми составляет 1,2 т/га [25] то при внесении 3 т/га сухого вещества органических удобрений его баланс составит -0,6 т/га.

В наших исследованиях фактические потери гумуса в период 1976–2015 гг. составили от 4 т/га в севообороте с горохом до 8 т/га в севообороте с чистым паром, 100 и 200 кг/га на год соответственно. За 20 лет с 1996 по 2015 в почву фактически поступило от 43 т/га соломы в севообороте с соей, до 61 т/га в севообороте с горохом, от 2,1 до 2,9 т/га в год соответственно (табл. 2). При этом установлена определённая статистическая зависимость между потерями гумуса и поступлением растительной биомассы по севооборотам (рис. 11), что даёт возможность оценить тенденции изменений гумусового состояния почвы относительно условий и биопродуктивности отдельных лет или периодов.

Таблица 2 – Потребность в соломе для обеспечения бездефицитного баланса гумуса, т/га

Первая культура севооборота	Потери гумуса		Поступление соломы		Образовалось гумуса с соломы	Потери гумуса без соломы	Необходимо соломы	
	за 40 лет	за год	за 20 лет	за год			всего	дополнительно
Чистый пар	7,9	0,2	52	2,5	0,49	0,69	3,5	1,0
Горох	4,1	0,11	61	2,9	0,58	0,69	3,4	0,6
Чина	5,1	0,13	56	2,7	0,53	0,66	3,3	0,7
Вико-овёс	7,3	0,19	45	2,1	0,43	0,62	3,1	1,0
Соя	7,7	0,20	43	2,1	0,41	0,61	3,1	1,0
Кукуруза	5,0	0,13	48	2,3	0,46	0,59	2,9	0,7

Если, как отмечалось, коэффициент гумификации соломы 0,2, то с неё будет накоплено в почве по севооборотам 0,41-0,58 т/га гумуса. В свою очередь это даёт возможность установить объёмы потерь гумуса, в случае если бы нетоварная продукция на удобрение не использовалась. В результате установлено, что существующие особенности агрометеорологических условий равны продуктивности культур, соотношение основной и нетоварной продукции и объёмы поступления последней в почву дают возможность компенсировать потери гумуса по севооборотам на 67-84%. Соответственно в данных условиях это достигается увеличением количества внесённой биомассы на 0,6–1,0 т/га или на 16–33 %, в среднем по севооборотам на 25 %.

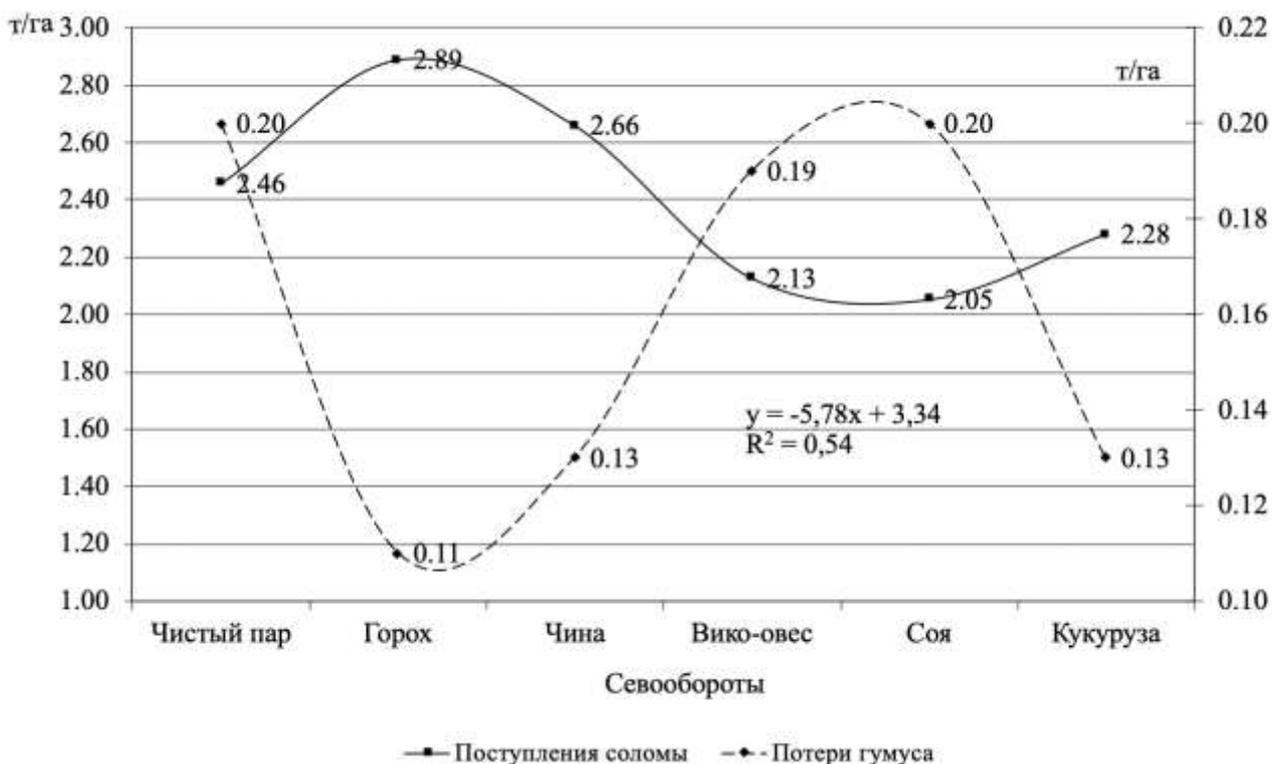


Рисунок 11 – Зависимость между потерями гумуса и поступлением органического вещества нетоварной части урожая в почву.

Единственным способом кардинально увеличить биопродуктивность посевов является применение минеральных удобрений. Наши исследования показали, что систематическое их применение в средних ( $N_{90}P_{115}K_{58}$ ) и повышенных ( $N_{120}P_{120}K_{120}$ ) дозах под свёклу сахарную даёт возможность увеличить урожай основной и нетоварной продукции в среднем по севооборотам по дозам на 27 и 33% соответственно. Применение под ячмень  $N_{40}P_{40}K_{40}$  и  $N_{60}P_{60}K_{60}$  повышало продуктивность культуры на 21 и 33%. Подкормка пшеницы озимой  $N_{30}$  сопровождалась увеличением её урожайности на 13%. То есть минеральные удобрения могут быть способом эффективного регулирования и стабилизации гумусового состояния чернозёма типичного в условиях района. Это противоречие между соблюдением условий органического земледелия, которое приводит к дегумификации и агрохимической деградацией чернозёмов решается путём развития животноводства, когда в агроэкосистеме обеспечивается рециркуляция биогенных элементов на уровне 90–100%.

**Выводы.** При длительной заделке нетоварной продукции без применения минеральных удобрений в восточной Лесостепи Украины на чернозёме типичном зернобобовые культуры в среднем обеспечивают выход зерна до 2 т/га, однолетние травы – на уровне 15 т/га зелёной массы и кукуруза на силос до 25 т/га. В таких условиях у зернобобовых культур соотношение зерна к соломе составляет порядка 1:1,5 с тенденцией к расширению этого показателя в неблагоприятные и сужению в более благоприятные годы. Выход зерна пшеницы озимой по чистому пару составляет 4,21 т/га, после гороха – 3,66 т/га и после чины – 3,42 т/га с колебаниями его соотношения с соломой от 1:1,2 до 1:1,7 со средним значением 1:1,4–1:1,5. При этом имеет место достаточно

высокая корреляция между урожаем основной и нетоварной продукции, в частности в разрезе различных предшественников. Сопоставление многолетних рядов урожайных данных по пшенице озимой, условий увлажнения и агрохимических показателей почвы показало наличие прямой связи между климатическим водным балансом и количеством доступного азота, запасами азота и урожаем зерна, а также обратной связью между азотным режимом и пропорцией между основной и нетоварной продукцией. Средняя урожайность зерна гречихи составляет 1,2–1,3 т/га при отсутствии корреляции с биомассой соломы с колебанием соотношения между ними от 1:1,6 до 1:3,5 и средним значением 1:2,2. При этом установлено зависимость между суммарным количеством фосфор + калий и урожайностью нетоварной продукции культуры. В свою очередь установлены обратные зависимости между содержанием этих элементов в предыдущий год и количеством осадков за январь–апрель следующего года. Урожайность корнеплодов свёклы сахарной имеет средний уровень 27 т/га, при соотношении с ботвой 1:0,4. Закономерности изменений урожайности корнеплодов и ботвы под влиянием определенных факторов повторяются во всех севооборотах, но существенной связи между урожаем основной и нетоварной продукции культуры не установлено. Урожайность ячменя ярового после свёклы сахарной и гречихи имела средние показания 2,16 и 1,99 т/га при соотношении с соломой 1:1,34 и 1:1,35. Поиск взаимосвязи между полученными экспериментальными данными показал наличие зависимости между суммарными запасами азота, фосфора и калия, урожаем зерна и соломы, и соотношением основной и нетоварной продукции. Анализ урожайных данных в разрезе влияния первых культур на последующие культуры показал, что в наибольшей степени предшественники влияют на пшеницу озимую и свёклу сахарную. Наиболее благоприятные условия складываются в севообороте с чистым паром, менее эффективным является севооборот с кукурузой на силос, которая имеет относительно высокую, по сравнению с другими предшественниками, продуктивность, а соответственно вынос из почвы доступных элементов питания. Существенное влияние первых культур исследуемых севооборотов во времени проявилось в одинаковой мере на основную и на нетоварную продукцию, что отразилось на выравнивании соотношения между ними на ранее отмеченных показателях. Полученные результаты дают возможность определить объёмы производства нетоварной продукции растениеводства по урожайным данным основной продукции с целью их использования на удобрение в системе органического производства.

### **Список использованных источников**

1. Чесняк Г. Я., Бацула О. О., Деревянко Р. Г. Параметри гумусного стану ґрунту. *Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті*. Київ: Урожай, 1987. С. 77–92.
2. Бацула О. О., Скрильник Є. В., Кравець Т. Ф. Вплив добрив і рослинних решток на гумусний стан ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 1998. Вип. 55. С. 115–121.

- 
3. Методические рекомендации по ведению биологического земледелия. Киев, 1991. 74 с.
  4. Статистичний збірник «Сільське господарство України» за 2016 рік. Київ: Державна служба статистики України, 2016. С. 2–246.
  5. Postel S. State of the World. 1994. A Woredwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. New York, London. 1994. P. 3–21.
  6. Формирование устойчивых агроэкосистем. Киев: Изд-во ДИА, 2007. 560 с.
  7. Формування сталих агроекосистем: теорія і практика. Київ: Аграрна наука, 2005. 508 с.
  8. Кольбе Г., Штумпе Г. Солома как удобрение. / Пер. с нем. Москва: Колос, 1972. С.5–20.
  9. Стейнифорт А. Р. Солома злаковых культур. Москва: Колос, 1983. С. 108–405.
  10. Органические удобрения / Под ред. А. А. Бацулы. Киев: Урожай, 1988. 181 с.
  11. Носко Б. С. Шляхи підвищення родючості ґрунтів у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва. Київ: Аграрна наука, 1999. 110 с.
  12. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України. Київ: ВП «Едельвейс», 2015. 428 с.
  13. R. Seidel, J. Moyer, K. Nichols, V. Bhosekar. Studies on long-term performance of organic and conventional cropping systems in Pennsylvania. *Organic Agriculture*, 7 (2017), pp. 53-61. <https://doi.org/10.1007/s13165-015-0145-z>
  14. Ki Song Lee, Young Chan Choe. Environmental performance of organic farming: Evidence from Korean small-holder soybean production. *Journal of Cleaner Production*. Volume 211, 20 February 2019, Pages 742–748 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.075>
  15. Tomekde Ponti, BertRijk, Martin K.van Ittersum. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*. Volume 108, April 2012, Pages 1-9 <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.004>
  16. Rööös, E., Mie, A., Wivstad, M. et al. Risks and opportunities of increasing yields in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. volume 38, Article number: 14 (2018) <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0489-3>
  17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / под. ред. В. Е. Егорова. Москва: Колос, 1965. 432 с.
  18. Константинов П. Н. Основы сельскохозяйственного опытного дела. Москва: Сельхозгиз, 1952. 446 с.
  19. Деревицкий И. Ф. Опытное дело в растениеводстве. Кишинёв: Штиницы, 1962. 616 с.
  20. Кудзин Ю. К. Отбор растительных проб кукурузы в поле и подготовка их для анализа. *Методические указания географической сети полевых опытов с удобрениями*. 1963. Вып. 9. С. 10–14.
  21. Лакин Г. Ф. Биометрия. Москва: Высш. шк., 1990. 352 с.

---

22. Georgeta B., Remus P. Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. *J. Geogr. Sci.* 2015. № 25(11). P. 1307–1327.

23. Расчет баланса гумуса и потребности в органических удобрениях (Методические рекомендации). Владимир, 1987, 16 с.

24. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства. Київ, 1998. С. 158.

25. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті. О. О. Бацула, Є. А. Головачов, Р. Г. Дерев'янка та ін. [за ред. О. О. Бацули]. Київ: Урожай, 1987. 125 с.

### References

1. Chesnyak G. Y., Batsula O. O., Derevyanko R. G. Humus parameters of the soil. *Providing non-deficit balance of humus in the soil.* Kyiv: Urozhay, 1987. P. 77–92.

2. Batsula O. O., Skrilnyk E. V., Kravets T. F. Influence of fertilizers and crop residues on humus parameters of the soils. *Agrochemistry and soil science.* 1998. Ed. 55. P. 115–121.

3. Methodological recommendations for biological agriculture. Kyiv, 1991. 74 p.

4. Statistical collection «Agriculture of Ukraine» for 2016 year. Kyiv: National statistical service of Ukraine, 2016. P. 2–246.

5. Postel S. State of the World. 1994. A Woredwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. New York, London. 1994. P. 3–21.

6. Formation of stable agroecosystems. Kyiv: Publisher DIA, 2007. 560 p.

7. Formation of stable agroecosystems: theory and practice. Kyiv: Agricultural science, 2005. 508 p.

8. Kolbe G., Schtumpe G. Straw as a fertilizer. / Translation from German. Moscow: Kolos, 1972. P. 5–20.

9. Steinfort A. R. Straw of grain cultures. Moscow: Kolos, 1983. P. 108-405.

10. Organic fertilizers / Edited by A. A. Batsula. Kyiv: Urozhay, 1988. 181 p.

11. Nosko B. S. The ways of soil fertility increase in modern conditions of agricultural production. Kyiv: Agricultural science, 1999. 110 p.

12. Scientific bases of effective development of agriculture in agrolandscapes of Ukraine. Kyiv: Publisher «Edelweiss», 2015. 428 p.

13. R. Seidel, J. Moyer, K. Nichols, V. Bhosekar. Studies on long-term performance of organic and conventional cropping systems in Pennsylvania. *Organic Agriculture*, 7 (2017), pp. 53–61. <https://doi.org/10.1007/s13165-015-0145-z>

14. Ki Song Lee, Young Chan Choe. Environmental performance of organic farming: Evidence from Korean small-holder soybean production. *Journal of Cleaner Production.* Volume 211, 20 February 2019, Pages 742–748 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.075>

15. Tomekde Ponti, BertRijk, Martin K.van Ittersum. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems.* Volume 108, April 2012, Pages 1–9 <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.004>

- 
16. Rööös, E., Mie, A., Wivstad, M. et al. Risks and opportunities of increasing yields in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. Volume 38, Article number: 14 (2018) <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0489-3>
  17. Dospheov B. A. *Field experience methodology* / Edited by V. E. Egorova. Moscow: Kolos, 1965. 432 p.
  18. Konstantinov P. N. *Basis of agricultural pilot business*. Moscow: Selhozgiz, 1952. 446 p.
  19. Derevitskiy I. F. *Pilot business in agriculture*. Kishinev: Shtinitsy, 1962. 616 p.
  20. Kudzin Yu. K. Plant sampling of corn in the field and preparing them for analysis. *Guidelines for the geographical network of field experiments with fertilizers*. 1963. Edition 9. P. 10–14.
  21. Lakin G. F. *Biometry*. Moscow: Higher School, 1990. 352 p.
  22. Georgeta B., Remus P. Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. *J. Geogr. Sci.* 2015. № 25(11). P. 1307–1327.
  23. Calculation of the balance of humus and the need for organic fertilizers (Methodical recommendations). Vladimir, 1987, 16 p.
  24. Standards of soil protection contour-ameliorative systems of agriculture. Kyiv, 1998. P. 158.
  25. Providing of non-deficit balance of humus in a soil. O. O. Batsula, E. A. Holovachev, R. G. Derevyanko and others. [Edited by O. O. Batsula]. Kyiv: Urozhay, 1987. 125 p.