

УДК 631.459:631.445.2:633

ВЛИЯНИЕ ЭРОДИРОВАННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА СКЛОНАХ РАЗНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ

Н. Н. Цыбулько¹, доктор сельскохозяйственных наук
В. Б. Цырибко², кандидат сельскохозяйственных наук
А. М. Устинова², кандидат сельскохозяйственных наук
И. И. Жукова³, кандидат сельскохозяйственных наук
С. Д. Воронович³, аспирант

¹Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Беларусь

²РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Беларусь

³Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка,
г. Минск, Беларусь

Аннотация

Обобщены результаты длительных стационарных полевых опытов по изучению продуктивности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, подверженных водной эрозии, расположенных на склонах южной и северной экспозиций. Установлено, что озимые зерновые культуры снижают урожайность на слабосмытых почвах от 0,21 до 0,75 т/га (на 3–12 %), на средне- и сильносмытых почвах – 1,04 и 1,93 т/га (17–21 %) соответственно. На почвах с одинаковой степенью смытости снижение урожайности на склоне северной экспозиции более существенно по сравнению с южным склоном. Снижение урожайности яровых зерновых культур и ярового рапса на слабосмытых почвах колеблется от 0,05 до 0,46 т/га, или от 1 до 9 %. Недобор урожайности яровой пшеницы и ярового рапса на сильносмытых почвах достигает 21–22 %. Продуктивность яровой пшеницы, ячменя и ярового рапса на склоне северной экспозиции ниже, чем на склоне южной экспозиции. Недоборы урожая картофеля колеблются в зависимости от эродированности почвы в пределах 1,29–2,30 т/га (5–8 %). Влияние экспозиции склона проявляется не так существенно, как по другим культурам. Горох посевной и люцерна посевная в наибольшей мере реагируют на эродированность почв. Снижение урожайности гороха на средне- и сильносмытых почвах составляет 0,69–0,73 т/га зерна, или 27 %; люцерны – 15,42–18,50 т/га зеленой массы, или 22–30 %. Влияние эродированности почвы зависит также от экспозиции склона; на склоне северной экспозиции отрицательное влияние усиливается.

Ключевые слова: эродированные почвы, экспозиция склона, урожайность, сельскохозяйственные культуры.

Abstract

*M. M. Tsybulka, V. B. Tsyribko, A. M. Ustinova,
I. I. Zhukova, S. D. Voronovich*

INFLUENCE OF EROSION OF SOD-PODZOLIC SOILS ON THE PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL CROPS ON THE SLOPES OF DIFFERENT EXPOSURES

The results of long-term stationary field experiments on the study of crop productivity on sod-podzolic light loamy soils subject to water erosion located on the slopes of the southern and northern exposures are summarized. It has been established that winter grain crops reduce the yield on slightly washed soils from 0.21 to 0.75 t/ha (by 3–12 %), on medium and heavily washed soils it reaches 1.04 and 1.93 t/ha (17–21 %) respectively. On soils with the same degree of washout, the yield reduction on the slope of the northern exposure is more significant compared to the southern slope. The decrease in the yield of spring grain crops and spring rapeseed on slightly washed soils ranges from 0.05 to 0.46 t/ha or from 1 to 9 %. The shortage of yield of spring wheat and spring rapeseed on heavily washed soils reaches 21–22 %. The productivity of spring wheat, barley and spring rapeseed on the slope of the northern exposure is lower than on the slope of the southern exposure. Potato crop shortages vary depending on soil erosion in the range of 1.29–2.30 t/ha (5–8 %). The influence of the slope exposure is not as significant as in other cultures. Seed peas and alfalfa are most responsive to soil erosion. The decrease in the yield of peas on medium - and heavily washed soils is 0.69–0.73 t/ha of grain or 27 %, alfalfa – 15.42–18.50 t/ha of green mass or 22–30 %. The influence of soil erosion also depends on the slope exposure – on the slope of the northern exposure, the negative influence increases..

Keywords: eroded soils, slope exposure, yield, agricultural crops.

Введение

Рельеф – один из ведущих факторов проявления водной эрозии почв. Основные морфологические параметры склонов, влияющие на интенсивность смыва почвы, – это крутизна, длина, форма и экспозиция склона. Влияние экспозиции склона на развитие эрозии проявляется опосредованно, в связи с различиями микроклимата, влажности, запасов влаги и водопроницаемости почв, теплового баланса поверхности. В условиях Беларуси количество смытых почв на склонах южных и западных экспозиций на 30 % больше, чем на северных и восточных. На склонах с крутизной 4–5° средне- и сильносмытые почвы на юго-западных экспозициях составляют 75 % от смытых почв, на северных и восточных – не более 30 % [1].

Влияние экспозиции склона на интенсивность водной эрозии особенно сильно проявляется при стоке талых вод, что связано с неравномерностью распределения снега на склонах разных экспозиций. Сумма активных температур на южных склонах на 20–30 % выше, чем на склонах северных экспозиций. Почвенный покров склонов южной и западной экспозиций более эродирован, чем северной и восточной. При дождевой эрозии влияние экспозиции склона выражается через разную увлажненность почвы [2]. Приводятся данные, что среднесуточная температура пахотного слоя почвы на склоне юго-западной экспозиции на 3–7° выше, чем на склоне северо-восточной экспозиции [3].

Отмечается следующее снижение урожайности сельскохозяйственных культур на эродированных почвах по отношению к неэродированным: на слабоэродированных почвах

она снижается на 10–30 %; среднеэродированных – на 30–60; сильноэродированных почвах – на 60–80 %. В наибольшей мере снижают продуктивность пропашные культуры, а в меньшей – многолетние травы [4].

Различия гидротермических и почвенных условий на склонах разных экспозиций влияют на продукционный процесс растений и формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Установлено воздействие экспозиции склона на вегетационный индекс посевов (NDVI). Заметное превышение этого показателя отмечено на озимых культурах в весенний период: так, в апреле разница между значениями индекса на склонах северо-восточной, северо-западной и южной экспозиций достигала 40–50 %. Для яровых культур также характерен рост NDVI на склонах, прилегающих к южной экспозиции [5].

За три года исследований урожайность яровой пшеницы на северном склоне была выше на 0,42 т/га по сравнению с южным склоном [6]. В благоприятные по увлажнению вегетационные периоды урожайность зерновых культур выше на более теплом и освещенном склоне юго-восточной экспозиции, а при засушливых условиях – на склоне северо-западной экспозиции [7].

Цель работы – обобщение многолетних данных, полученных в стационарных полевых опытах, по урожайности сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, подверженных водной эрозии, расположенных на склонах южной и северной экспозиций.

Материалы и методы исследований

Экспериментальная основа работы – результаты длительных полевых опытов (1998–2021 гг.), осуществляемых на стационаре «Стоковые площадки» Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. Исследования проводились на склоне южной экспозиции (крутизна 5–7°) и на склоне северной экспозиции (крутизна 3–5°). Почвы стационара – в разной степени смытые

дерново-подзолистые легкосуглинистые, сформированные на лессовидных суглинках.

Продуктивность сельскохозяйственных культур изучалась в плодосменных, зернотравяных и травяно-зерновых севооборотах. Все культуры возделывали в соответствии с организационно-технологическими регламентами [8–10].

Результаты исследований и их обсуждение

Зерновые культуры (озимая пшеница, озимая тритикале, озимая рожь, яровая пшеница, ячмень, овес). Как свидетельствуют на-

учные источники, в производственных посевах данные культуры снижают урожайность

на слабо-, средне- и сильноэродированных почвах соответственно на 12, 28 и 40 %.

В наших исследованиях, проведенных на склоне южной экспозиции крутизной 5–7°, урожайность озимой пшеницы как культуры, наиболее требовательной к почвенным условиям, составила в среднем за 9 лет опытов на несмытой почве 5,69 т/га; на среднесмытой – 5,05; на сильносмытой – 4,50 т/га. Урожайность на среднесмытой почве была ниже по сравнению с несмытой в среднем на 0,63 т/га (11 %), на сильносмытой почве – на 1,19 т/га (21 %).

Озимая тритикале отличалась более высокой урожайностью, которая за годы исследований составила на несмытой почве южного склона 9,43 т/га. На средне- и сильносмытой почвах она снизилась соответственно на 0,76 и 1,93 т/га, или на 8 и 20 %.

Озимая рожь в меньшей степени реагировала на эродированность почвы: при средней урожайности за 4 года исследований на несмытой почве обеспечивала 5,27 т/га зерна; на среднесмытой она была ниже только на 0,03 т/га (1 %); на сильносмытой – на 0,58 т/га (11 %) (табл. 1).

На почвах, расположенных на склоне северной экспозиции крутизной 3–5°, получены 5-летние данные по урожайности озимой пшеницы, 4-летние – по озимой ржи и 3-летние – по урожайности озимой тритикале на несмытой, слабо- и среднесмытой почвах. Продуктивность озимой пшеницы на несмытой почве сформирована в среднем 6,29 т/га, на слабо- и среднесмытой почвах соответственно ниже на 0,75 и 1,04 т/га зерна, или 12 и 17 %.

Как видно из полученных данных, урожайность озимой пшеницы незначительно различалась на склонах южной и северной экспозиций на почвах с одинаковой степенью эродированности. В то же время на склоне северной экспозиции наблюдалось более существенное снижение урожайности относительно неэродированной почвы.

За 3 года исследований озимая тритикале обеспечивала продуктивность на несмытой почве в среднем 7,95 т/га зерна. На слабосмытой почве снижение урожайности было незначительным – 0,21 т/га (3 %), тогда как на среднесмытой почве – 1,00 т/га (12 %).

Урожайность озимой ржи была значительно ниже по сравнению с озимой пшеницей и

озимой тритикале: на неэродированной почве в среднем за 4 года опытов она составила 4,43 т/га, а на слабо- и среднесмытой почвах уменьшилась соответственно на 0,33 и 0,54 т/га (7–12 %).

На почвах с одинаковой степенью эродированности (на среднесмытых почвах) продуктивность озимой пшеницы на склонах южной и северной экспозиций была примерно одинаковой. Озимая тритикале и озимая рожь снижали урожайность на склоне северной экспозиции по сравнению с южным склоном соответственно на 1,72 и 1,35 т/га, или на 11 и 26 %. На склоне северной экспозиции более существенно проявлялось отрицательное влияние эродированности почвы. Если на южном склоне на среднесмытой почве по отношению к несмытой снижение урожайности озимой пшеницы, озимой тритикале и озимой ржи составило соответственно 11, 8 и 1 %, то на северном склоне – 17, 12 и 12 %.

Из яровых зерновых культур в полевых опытах на почвах разной эродированности, расположенных на склонах южной и северной экспозиций, возделывали яровую пшеницу, ячмень и овес. Продуктивность их в среднем за годы исследований на несмытых почвах на склоне южной экспозиции колебалась от 3,25 т/га (овес) до 4,70 т/га (яровая пшеница); на склоне северной экспозиции – от 3,67 (овес) до 4,44 т/га (ячмень).

На среднесмытой почве, расположенной на южном склоне, снижение урожайности составило: у яровой пшеницы 0,57 т/га (12 %), ячменя – 0,35 т/га (8 %), овса – 0,10 т/га (3 %). На сильносмытой почве наиболее существенно уменьшилась продуктивность яровой пшеницы (на 1,02 т/га, или на 22 %).

На слабо- и среднесмытой почвах на склоне северной экспозиции яровая пшеница снизила урожайность на 0,46 и 0,69 т/га (9 и 13 %); ячмень – на 0,25 и 0,58 т/га (6 и 13 %); овес – на 0,05 и 0,34 т/га (1 и 9 %).

На почвах с одинаковой степенью эродированности (среднесмытые почвы) продуктивность яровой пшеницы на склоне северной экспозиции была ниже по сравнению со склоном южной экспозиции на 0,88 т/га (21 %), ячменя – на 0,28 т/га (7 %), а овса, наоборот, выше на 0,18 т/га (6 %) (табл. 2).

Таблица 1. Влияние экспозиции склона и степени смытости почв на урожайность озимых зерновых культур (средние многолетние данные)

Культура и количество лет опытов	Степень смытости почвы	Урожайность зерна, т/га	Снижение урожайности к несмытой почве	
			т/га	%
Склон южной экспозиции, 5–7°				
Озимая пшеница, 9	Несмытая	5,69	–	–
	Среднесмытая	5,05	0,63	11
	Сильносмытая	4,50	1,19	21
Озимая тритикале, 3	Несмытая	9,43	–	–
	Среднесмытая	8,67	0,76	8
	Сильносмытая	7,50	1,93	20
Озимая рожь, 4	Несмытая	5,27	–	–
	Среднесмытая	5,24	0,03	1
	Сильносмытая	4,69	0,58	11
Склон северной экспозиции, 3–5°				
Озимая пшеница, 5	Несмытая	6,29	–	–
	Слабосмытая	5,54	0,75	12
	Среднесмытая	5,25	1,04	17
Озимая тритикале, 3	Несмытая	7,95	–	–
	Слабосмытая	7,74	0,21	3
	Среднесмытая	6,95	1,00	12
Озимая рожь, 4	Несмытая	4,43	–	–
	Слабосмытая	4,10	0,33	7
	Среднесмытая	3,89	0,54	12

Таблица 2. Влияние экспозиции склона и степени смытости почв на урожайность яровых зерновых культур (средние многолетние данные)

Культура и количество лет опытов	Степень смытости почвы	Урожайность зерна, т/га	Снижение урожайности к несмытой почве	
			т/га	%
Склон южной экспозиции, 5–7°				
Яровая пшеница, 6	Несмытая	4,70	–	–
	Среднесмытая	4,13	0,57	12
	Сильносмытая	3,69	1,02	22
Ячмень, 5	Несмытая	4,49	–	–
	Среднесмытая	4,14	0,35	8
	Сильносмытая	3,95	0,54	12
Овес, 3	Несмытая	3,25	–	–
	Среднесмытая	3,15	0,10	3
	Сильносмытая	2,91	0,34	10
Склон северной экспозиции, 3–5°				
Яровая пшеница, 2	Несмытая	3,94	–	–
	Слабосмытая	3,48	0,46	9
	Среднесмытая	3,25	0,69	13
Ячмень, 4	Несмытая	4,44	–	–
	Слабосмытая	4,19	0,25	6
	Среднесмытая	3,86	0,58	13
Овес, 2	Несмытая	3,67	–	–
	Слабосмытая	3,62	0,05	1
	Среднесмытая	3,33	0,34	9

Горох посевной, рапс яровой, картофель.

При возделывании гороха посевного на дерново-подзолистых неэродированных почвах на склонах южной и северной экспозиций урожайность была близкой – соответственно 2,65 и 2,52 т/га. В то же время степень влияния эродированности почвы на снижение продуктивности культуры в значительной степени определялась экспозицией склона. Так, на склоне южной экспозиции на среднесмытой почве она уменьшилась только на 0,16 т/га (6 %), а на слабосмытой, на склоне северной экспозиции, – на 0,48 т/га (19 %). На сильносмытой почве южного склона и среднесмытой почве северного склона недобор урожайности гороха был примерно одинаковым – соответственно 0,73 и 0,69 т/га зерна, или 27 % (табл. 3).

Согласно результатам шестилетних исследований продуктивность ярового рапса на неэродированной почве на южном склоне составила в среднем 2,81 т/га маслосемян. Снижение урожайности на среднесмытой почве составило 0,34 т/га (12 %), на сильносмытой почве – 0,59 т/га (21 %). На склоне северной экспозиции на неэродированной почве получена урожайность маслосемян ярового рапса 2,48 т/га, на слабосмытой почве снижение ее было незначительным 0,10 т/га (4 %), на среднесмытой почве – 0,20 т/га (8 %).

По данным производственных опытов, пропашные культуры в наибольшей степени реагируют на эродированность почвы. Средние недоборы их урожаев составляют 20 % на слабоэродированных почвах, 40 % – на среднеэродированных, 60 % – на сильноэродированных.

Результаты исследований на картофеле, полученные в стационарных полевых опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, показывают, что с увеличением эродированности почвы продуктивность этой культуры существенно снижается. Однако это снижение в условиях опыта было не так сильно выражено, как в производственных посевах. Урожайность картофеля на несмытых почвах в среднем за три года составила 29,30 т/га клубней на склоне южной экспозиции и 24,58 т/га клубней – на склоне северной экспозиции.

На слабосмытой почве она снижалась на 1,29 т/га (5 %), на среднесмытых почвах – на 1,42–1,54 т/га (5–7 %), на сильносмытой почве – на 2,30 т/га (8 %).

В целом как на неэродированных, так и на эродированных почвах южного склона картофель формировал урожайность на 1,46–1,65 т/га клубней (или на 15–26 %) выше, чем на северном склоне.

Однолетние бобово-злаковые и многолетние бобовые травы. Эродированность почв существенно влияет на урожайность однолетних бобово-злаковых трав – горохо-овсяных и пелюшко-овсяных травосмесей. В результате 11-летних полевых опытов на дерново-подзолистых почвах на лессовидных суглинках, расположенных на склоне южной экспозиции с крутизной 5–7°, получены данные по продуктивности горохо-овсяной травосмеси на несмытой, среднесмытой и сильносмытой почвах. Ее урожайность в среднем за годы исследований составила соответственно 34,10, 29,52 и 26,93 т/га. Урожайность однолетних трав на среднесмытой почве была ниже по сравнению с несмытой в среднем на 4,58 т/га зеленой массы (13 %), на сильносмытой – на 7,17 т/га (21 %). На почвах, расположенных на склоне северной экспозиции с крутизной 3–5°, продуктивность однолетних трав в целом была выше, чем на склоне южной экспозиции, что обусловлено лучшей влагообеспеченностью растений.

В среднем за 5-летний период исследований урожайность горохо-овсяной травосмеси составила на несмытой почве 43,34 т/га зеленой массы, слабосмытой – 39,18, среднесмытой – 34,19 т/га. Урожайность на слабо- и среднесмытой почвах была ниже по сравнению с несмытой соответственно на 4,17 и 9,15 т/га, или на 10 и 21 % (табл. 4).

Принято считать, что из сельскохозяйственных культур многолетние травы в наименьшей степени реагируют на эродированность почв. Обзор литературы показывает, что их урожайность составляет на слабоэродированных почвах 90–95 %, среднеэродированных – 85–90, сильноэродированных – 60–75 % от урожайности на несмытых почвах [11].

Таблица 3. Влияние экспозиции склона и степени смывости почв на урожайность зерна гороха и маслосемян ярового рапса (средние многолетние данные)

Культура и количество лет опытов	Степень смывости почвы	Урожайность зерна, т/га	Снижение урожайности к несмытой почве	
			т/га	%
Склон южной экспозиции, 5–7°				
Горох посевной, 2	Несмытая	2,65	–	–
	Среднесмытая	2,49	0,16	6
	Сильносмытая	1,92	0,73	27
Рапс яровой, 6	Несмытая	2,81	–	–
	Среднесмытая	2,48	0,34	12
	Сильносмытая	2,23	0,59	21
Картофель, 3	Несмытая	29,30	-	-
	Среднесмытая	27,88	-1,42	5
	Сильносмытая	27,00	-2,30	8
Склон северной экспозиции, 3–5°				
Горох посевной, 2	Несмытая	2,52	–	–
	Слабосмытая	2,04	0,48	19
	Среднесмытая	1,83	0,69	27
Рапс яровой, 6	Несмытая	2,48	–	–
	Слабосмытая	2,38	0,10	4
	Среднесмытая	2,28	0,20	8
Картофель, 3	Несмытая	24,58	-	-
	Слабосмытая	23,29	-1,29	5
	Среднесмытая	23,04	-1,54	7

Таблица 4. Влияние экспозиции склона и степени смывости почв на урожайность однолетних трав и люцерны посевной (средние многолетние данные)

Культура и количество лет опытов	Степень смывости почвы	Урожайность зерна, т/га	Снижение урожайности к несмытой почве	
			т/га	%
Склон южной экспозиции, 5–7°				
Однолетние травы (горох с овсом), 11	Несмытая	34,10	–	–
	Среднесмытая	29,52	4,58	13
	Сильносмытая	26,93	7,17	21
Люцерна посевная, 11	Несмытая	69,88	–	–
	Среднесмытая	60,35	9,53	14
	Сильносмытая	54,46	15,42	22
Склон северной экспозиции, 3–5°				
Однолетние травы (горох с овсом), 5	Несмытая	43,34	–	–
	Слабосмытая	39,18	4,17	10
	Среднесмытая	34,19	9,15	21
Люцерна посевная, 5	Несмытая	61,47	–	–
	Слабосмытая	52,35	9,12	15
	Среднесмытая	42,97	18,50	30

На дерново-подзолистых почвах, сформированных на лессовидных суглинках, расположенных на склоне южной экспозиции с крутизной 5–7°, получены 11-летние данные по продуктивности люцерны посевной на несмытой, среднесмытой и сильносмытой почвах. Урожайность ее зеленой массы в среднем составила соответственно 69,88, 60,35 и 54,46 т/га. Урожайность культуры на среднесмытой почве была ниже по сравнению с несмытой почвой в среднем на 9,53 т/га зеленой массы (14 %), на сильносмытой – на 15,42 т/га (22 %). На почвах, расположенных на склоне северной экспозиции, получены 5-летние

данные по продуктивности люцерны, урожайность которой на несмытой почве в среднем составила 61,47 т/га, на слабо- и среднесмытой почвах 52,35 и 42,97 т/га, или ниже соответственно на 15 и 30 %.

Анализ результатов показал, что, во-первых, на почвах с одинаковой эродированностью урожайность люцерны на склоне южной экспозиции была в среднем на 17,38 т/га зеленой массы, или на 29 %, выше, чем на склоне северной экспозиции; во-вторых, на склоне северной экспозиции влияние степени эродированности почвы на снижение продуктивности культуры проявлялось более существенно.

Выводы

1. Влияние эродированности почв и экспозиции склона на продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от биологических особенностей последних. Озимые зерновые культуры снижают урожайность на слабосмытых почвах от 0,21 до 0,75 т/га, или на 3–12 %, а на средне- и сильносмытых почвах достигает 1,04 т/га (17 %) и 1,93 т/га (21 %) соответственно. Более существенно реагирует на эродированность почвы озимая пшеница. На почвах с одинаковой степенью смытости снижение урожайности на склоне северной экспозиции более существенно по сравнению с южным склоном.

2. Снижение урожайности яровых зерновых культур и ярового рапса на слабосмытых почвах колеблется от 0,05 до 0,46 т/га, или от 1 до 9 % к неэродированной почве. Недобор урожайности яровой пшеницы и ярового рапса на сильносмытых почвах достигает соответственно 1,02 т/га зерна и 0,59 т/га маслосемян, или соответственно 22 и 21 %. Продук-

тивность яровой пшеницы, ячменя и ярового рапса на склоне северной экспозиции ниже по сравнению со склоном южной экспозиции, а овса, наоборот, выше.

3. Недоборы урожая картофеля колеблются в зависимости от эродированности почвы в пределах 1,29–2,30 т/га клубней, или 5–8 % от неэродированной почвы. Влияние экспозиции склона проявляется не так существенно, как по другим культурам.

4. Горох посевной и люцерна посевная в наибольшей мере из возделываемых сельскохозяйственных культур реагируют на эродированность почвы. Снижение урожайности гороха на средне- и сильносмытых почвах составило 0,69–0,73 т/га зерна, или 27 %; люцерны 15,42–18,50 т/га зеленой массы, или 22–30 %. Влияние эродированности почвы зависело также от экспозиции склона – на склоне северной экспозиции отрицательное влияние усиливалось.

Библиографический список

1. Морфометрия склонов сельскохозяйственных земель Беларуси : практ. пособие / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии ; под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – 92 с.
2. Заславский, М. Н. Механизм и закономерности проявления процесса / М. Н. Заславский, Г. А. Ларионов, Л. Ф. Литвин // Эрозионные процессы (географическая наука – практике) / М. Ю. Белоцерковский [и др.] ; под ред. Н. И. Маккавеева и Р. С. Чалова. – Москва : Мысль, 1984. – С. 31–44.
3. Тишук, Л. А. Гидротермический режим эродированных дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв БССР : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.03 / Л. А. Тишук ; Гос. гидролог. ин-т. – Ленинград, 1981. – 24 с.

4. Ванин, Д. Е. Научные основы природоохранных ресурсосберегающих интенсивных систем земледелия / Д. Е. Ванин // Земледелие. – 1986. – № 11. – С. 26–30.
5. Шинкаренко, С. С. Влияние экспозиции склонов на сезонную динамику вегетационного индекса NDVI посевных площадей / С. С. Шинкаренко, В. Н. Бодрова, Н. В. Сидорова // Изв. Нижневолж. агроуниверситет. комплекса : наука и высш. проф. образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 1–9.
6. Алтаева, О. А. Влияние склоновых агроландшафтов на урожайность яровой пшеницы на каштановых почвах в условиях сухостепной зоны Бурятии : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.03 / О. А. Алтаева ; Бурят. гос. с.-х. акад. им. В. Р. Филиппова. – Улан-Удэ, 2009. – 16 с.
7. Бегайкин, С. В. Плодородие почвы и урожайность зерновых культур на склонах Алтайского Приобья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / С. В. Бегайкин ; Алт. гос. аграр. ун-т. – Барнаул, 2004. – 19 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отрасл. регламентов. – Минск : Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси, 2005. – 460 с.
9. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур : сб. отрасл. регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 288 с.
10. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. Ф. И. Привалов [и др.] ; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 469 с.
11. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – Москва : Колос, 1996. – 367 с.

Поступила 12 апреля 2023 г.