

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-124-129>
УДК 631.452:631.613(470.0)

Н.Н. Дубенок,
М.В. Климакина,
Е.В. Мацыганова

ФГБОУ ВО Российский Государственный
Аграрный Университет – МСХА имени К.А.
Тимирязева
127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская,
д.49
lemalev@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в
планировании и постановке эксперимента, а
также в анализе экспериментальных данных и
написании статьи.

Для цитирования: Дубенок Н.Н., Климакина
М.В., Мацыганова Е.В. Повышение почвенно-
го плодородия склоновых земель сельскохо-
зяйственного назначения Нечернозёмной
зоны Российской Федерации. *Овощи России*.
2021;(4):124-129.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-124-129>

Поступила в редакцию: 24.03.2021
Принята к печати: 09.08.2021
Опубликована: 25.08.2021

Nikolay N. Dubenok,
Marina V. Klimakhina,
Elena V. Matsyganova

Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
49, Timiryazevskaya str., Moscow, Russia,
127550
ndubenok@mail.ru, lemalev@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare
no conflict of interest.

Authors' Contribution: All authors contributed to
the planning and setting up the experiment, as
well as in the analysis of experimental data and
writing of the article.

For citations: Dubenok N.N., Klimakhina M.V.,
Matsyganova E.V. Improving the soil fertility of
agricultural lands in the Non-Black Earth Zone of
the Russian Federation. *Vegetable crops of
Russia*. 2021;(4):124-129. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-4-124-129>

Received: 24.03.2021
Accepted for publication: 09.08.2021
Accepted: 25.08.2021

Повышение почвенного плодородия склоновых земель сельскохозяйственного назначения Нечернозёмной зоны Российской Федерации



Резюме

Актуальность. Согласно ФЗ от 16.07.1998 №101-ФЗ (ред. от 05.04.2016) «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» собственники, владельцы, пользователи, в том числе арендаторы земельных участков обязаны: осуществлять производство сельскохозяйственной продукции способами, обеспечивающими воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения, а также исключаящими или ограничивающими неблагоприятное воздействие такой деятельности на окружающую среду. Цель исследований – определить основные причины снижения плодородия почв склоновых земель.

Материалы и методы. Исследования проводили на стационарном поле в Подольском районе МО в 2011-2012 годах. На опыте развернут во времени пятипольный севооборот: 1) овёс; 2) ячмень с подсевом многолетних трав; 3) многолетние травы первого года пользования; 4) многолетние травы второго года пользования; 5) озимая пшеница. В статье приведены данные по овсу, ячменю с подсевом многолетних трав и многолетним травам, т.к. именно они выращивались в севообороте в указанные годы исследований. Опыт проводили на склоновых землях. Участки были расположены в верхней части склона с уклоном 14% (слабопокатый) и в нижней части склона с уклоном 7% (пологий).

Результаты. Установлено, что в среднем ежегодно на склоновых участках Нечернозёмья почвы теряют из слоя 0-40 см с поверхностным стоком фосфора 0.7-6.0 кг/га, калия 2.3-28.9 кг/га, кальция 7.3-45.8 кг/га. При противозерозионных приёмах обработки почвы на склоне крутизной 7% миграция химических элементов была в 2.2 раза меньше по сравнению с аналогичными вариантами на склоне крутизной 14%. Поверхностный сток перераспределяет вещества по длине склона, следовательно, нужно это учитывать при химических мелиорациях почв склонов и осуществлять дифференцированное внесение удобрений и известки. После проведения химического анализа пахотного слоя почвы выяснилось, что максимальное содержание гумуса, подвижных форм фосфора и обменного калия отмечается в нижней части склона, что связано с процессами смыва и намыва почвы.

Ключевые слова: почвенное плодородие, земли сельскохозяйственного назначения, склоновые земли, водная эрозия, почвозащитная обработка, орошение дождеванием.

Improving the soil fertility of agricultural lands in the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation

Abstract

Relevance. According to the Federal Law of 16.07.1998 No. 101-FZ (as amended on 05.04.2016) "On State Regulation of Ensuring the Fertility of Agricultural Land", owners, owners, users, including tenants of land plots are obliged to: carry out the production of agricultural products in ways that ensure the reproduction of the fertility of agricultural land, as well as excluding or limiting the adverse impact of such activities on the environment. Environment.

Materials and methods. The research was carried out on a stationary field experience in the Podolsk district of the Moscow region in 2011-2012. On experience, five-floor crop rotation will be deployed in time: 1) oats; 2) barley with planted perennial herbs; 3) perennial herbs of the first year of use; 4) perennial herbs of the second year of use; 5) winter wheat. The plots were located in the upper part of the slope with a slope of 14% (weakly pitched) and in the lower part of the slope with a slope of 7% (gentle).

Results. It was found that on average annually in the slope areas of the non-chernozem region soils lose from the layer 0-40 cm with a surface runoff of phosphorus 0.7-6.0 kg / ha, potassium 2.3-28.9 kg / ha, calcium 7.3-45.8 kg / ha. With anti-erosion methods of tillage on a slope with a steepness of 7%, the migration of chemical elements was 2.2 times less compared to similar options on the slope with a steepness of 14%. Surface runoff redistributes substances along the length of the slope, therefore, it is necessary to take this into account during chemical reclamation of the slopes soils and carry out differentiated application of fertilizers and lime. After chemical analysis of the arable layer of soil, it turned out that the maximum content of humus, mobile forms of phosphorus and exchange potassium is noted in the lower part of the slope, which is associated with the processes of washing and alluvium of the soil.

Keywords: soil fertility, agricultural land, slope land, water erosion, soil protection, sprinkling.

Введение

По данным Росреестра, на 1 января 2020 года общая площадь земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации составляет 381673,0 тыс. га. Из них в собственности граждан находится 106630,9 тыс. га (27,9%), в собственности юридических лиц 20915,6 тыс. га (5,5%), в государственной и муниципальной собственности 254126,5 тыс. га (66,6%).

Согласно ФЗ от 16.07.1998 №101-ФЗ (ред. от 05.04.2016) «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» собственники, владельцы, пользователи, в том числе арендаторы земельных участков обязаны: осуществлять производство сельскохозяйственной продукции способами, обеспечивающими воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения, а также исключаящими или ограничивающими неблагоприятное воздействие такой деятельности на окружающую среду; соблюдать нормы и правила в области обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

В Российской Федерации находится 4566,2 тыс. га орошаемых земель, из них 2142,7 тыс. га (46,9%) находятся в хорошем состоянии, 1290,8 тыс. га (28,3%) в удовлетворительном и 1132,7 тыс. га (24,8%) в неудовлетворительном состоянии. Из общей площади орошаемых земель Российской Федерации 4753,7 тыс. га 13,5% находятся в хорошем состоянии (641,8 тыс. га), 47,7% (2267,5 тыс. га) – в удовлетворительном и 1844,4 тыс. га (38,8%) в неудовлетворительном состоянии [1].

Важнейшими параметрами, от которых зависит уровень плодородия, являются конкретные показатели почвенных режимов: водно-воздушный, питательный, температурный, биохимический, физико-химический, солевой, окислительно-восстановительный. Параметры режимов, в свою очередь, определяются климатическими условиями, агрофизическими свойствами почв, их гранулометрическим, минералогическим и химическим составом, запасом элементов питания, содержанием их подвижных форм, содержанием, составом и запасами гумуса, интенсивностью микробиологических процессов, реакцией и некоторыми другими физико-химическими свойствами.

Оценивая роль отдельных почвенных свойств и режимов в формировании плодородия, необходимо подчеркнуть следующие важные положения.

Во-первых, плодородие проявляется как результат сложного взаимодействия и взаимовлияния свойств и режимов почв.

Во-вторых, показатели свойств и режимов могут быть оценены количественно.

В-третьих, различные растения предъявляют неодинаковые требования к свойствам и режимам почв.

В-четвёртых, свойства и режимы динамичны, т.е. изменяются во времени.

Воспроизводство плодородия почвы в интенсивном земледелии осуществляется двумя путями: веществом и технологическим. Первый включает применение удобрений, мелиорантов, пестицидов, благоприятное в агрономическом отношении чередование культур, второй связан с улучшением свойств почвы путём применения механической обработки, приёмов осушительных и оросительных мелиораций и др.

На процессы почвообразования влияют гидротермические условия, т.е. водный и радиационный балансы. Между этими процессами существует тесная взаимосвязь. Гидротермический режим, характерный для каждой климатической зоны, является решающим фактором условий среды для нормального развития растений и почвообразовательных процессов [2]. В качестве интегральной характеристики гидротермического режима используют так называемый гидротермический коэффициент ($\bar{R}$), рассчитываемый для природных условий по формуле (1)

$$\bar{R} = \frac{R}{L \cdot P}, \quad (1)$$

где R – радиационный баланс деятельной поверхности, ккал/см² в год;

L – скрытая теплота парообразования (const = 0,06 ккал/мм см² в год);

P – сумма осадков, мм/год.

Наиболее благоприятные режимы почвообразования для микробиологической деятельности и накопления гумуса обеспечиваются при гидротермическом коэффициенте 0,9 – 1,1.

В случае, когда гидротермический коэффициент $\bar{R} > 1,8$ возможна минерализация гумуса; а при $\bar{R} < 0,5-0,7$ – вымывание питательных веществ, гумуса, создаются неблагоприятные условия для жизнедеятельности бактерий [2].

Добиться оптимальных значений гидротермического коэффициента, возможно только внося в почву дополнительную влагу, т.е. применяя орошение, что имеет важное значение при возделывании культур на склоновых землях.

Цель исследований: определить основные причины снижения плодородия почв склоновых земель. Дать рекомендации для разработки современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны, для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур и восстановления почвенного плодородия.

Материалы и методы

Исследования проводили на стационарном поле-опыте в Подольском районе МО в 2011-2012 годах. На опыте развёрнут во времени пятипольный севооборот: 1) овёс; 2) ячмень с подсевом многолетних трав; 3) многолетние травы первого года пользования; 4) многолетние травы второго года пользования; 5) озимая пшеница. В статье приведены данные по овсу, ячменю с подсевом многолетних трав и многолетним травам, т.к. именно они выращивались в севообороте в указанные годы исследований.

В опыте предусматривали:

- разработку режимов орошения и технологий полива для получения высокого урожая с.-х. культур;
- изучение агротехнических приёмов обработки почвы, способствующих улучшению водно-воздушного режима почвы и повышению продуктивности зерновых и кормовых культур, восстановлению почвенного плодородия.

Опыт проводили на склоновых землях. Участки были расположены в верхней части склона с уклоном 14% (слабопокатый) и в нижней части склона с уклоном 7% (пологий). Повторность опыта трёхкратная. Размещение вариантов методом организованных повторений. Экспозиция склона южная. Протяжённость 120 м. Предполивной порог влажности почвы допускался не ниже 75%. Исследования проводились согласно общепринятым методикам и рекомендациям [5-11]. Методика полевого опыта (Доспехов, 1985). Водно-физические свойства почвы определялись по методикам А.А. Роде и Н.А. Качинского. Фактическая поливная норма учитывалась с помощью дождемеров Давитая. Расчёт поливной нормы проводили по формуле А.Н. Костякова. Влажность почвы – методом термостатной сушки. Фенологические наблюдения проводили по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. Учёт урожая проводили сплошным методом. Поливы осуществляли дождевальной установкой с интенсивностью дождя $I=0,28$ мм/мин. Характерные годы определили по формуле Н.Н. Иванова. Статистическая обработка результатов исследований – методом дисперсионного анализа для многофакторных опытов (Доспехов Б.А.). Система удобрений рассчитана с учётом агрохимической характеристики пахотного слоя на положительный баланс питательных элементов (табл. 1).

В последнее время в земледелии на склоновых землях наблюдается тенденция упрощения и несоблюдения разработанных в предыдущие годы эффективных систем почвозащитного земледелия.

Это обусловлено стремлением сельхозпроизводителей к максимальному получению прибыли при минимальных затратах, отсутствием должного контроля и ответственности за состояние плодородия почв.

Среднегодовые потери почвы при совместном проявлении водной эрозии и дефляции оцениваются примерно в 15 т/га. Можно ожидать, что общие потери почвы с эродированных и дефлированных сельскохозяйственных угодий составят приблизительно 750800 млн т, в которых содержится 32 млн т. гумуса, 4,8 млн т. валового фосфора, 60 млн т. калия, 8,8 млн т. общего азота. Это эквивалентно следующему количеству минеральных удобрений: 26,4 млн т. аммиачной селитры, 9,6 млн т. суперфосфата, 100 млн т. хлористого калия. 4

Наблюдается снижение содержания гумуса и элементов питания в почвах сельскохозяйственных угодий практически во всех регионах России. К настоящему времени 46% пахотных земель имеет низкое содержание гумуса [12].

Длительное применение почвозащитных технологий способствует увеличению содержания гумуса во всех вариантах почвозащитной обработки почвы, по сравне-

Таблица 1. Система удобрений под культуры севооборота, кг/га д.в.
Table 1. Fertilizer system for crop rotation, kg / ha a.v.

Культура	основное			припосевное			подкормка		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Овёс	-	-	60	70	-	-	-	-	-
Ячмень + мн.травы	-	-	50	90	-	-	-	-	-
Мн. травы 1 г.п.	-	-	-	-	-	-	95	80	170
Мн. травы 2 г.п.	-	-	-	-	-	-	35	80	170
Озимая пшеница	55	60	120	-	15	-	55	-	-

Результаты

В настоящее время среди проблем сельского хозяйства важное место занимает деградация почвенного покрова вследствие водной эрозии. Возникновение ирригационной эрозии определяется сочетанием природных факторов и хозяйственной деятельности человека. В зависимости от почвенно-геоморфологических условий и используемой дождевальной техники величина поверхностного стока при ирригационной эрозии нередко составляет 10-20% от поливной нормы [3].

нию с исходным уровнем. Перед закладкой опыта гумуса содержалось 1,36%, через 25 лет ведения опыта в условиях Нечерноземья средневзвешенная по содержанию гумуса составила 1,65% в пахотном слое, рост составил 0,29% [4].

Нашими исследованиями установлено, что в среднем ежегодно на склоновых участках Нечерноземья почвы теряют из слоя 0-40 см с поверхностным стоком фосфора 0.7-6.0 кг/га, калия 2.3-28.9 кг/га, кальция 7.3-45.8 кг/га. Результаты химического анализа поверхностно стекающих вод представлены в таблице 2.

Таблица 2. Потери питательных веществ с поверхностным стоком при дождевании, т = 30 мм (в среднем за 2011-2012 годы)
Table 2. Loss of nutrients with surface runoff during raining, m q 30 mm (average for 2011-2012)

Вариант обработки	Всего хим. элементов, кг/га	В том числе		
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
Крутизна склона 7%				
Поверхностная	99,4	2,5	5,2	10,8
Вспашка	112,0	2,0	5,9	7,9
Вспашка + щелевание	67,7	0,7	2,3	4,6
Крутизна склона 14%				
Поверхностная	286,4	6,0	28,9	45,8
Вспашка	217,9	3,4	11,6	26,7
Вспашка + щелевание	102,3	1,4	5,7	7,3

При противоэрозионных приёмах обработки почвы на склоне крутизной 7% миграция химических элементов была в 2.2 раза меньше по сравнению с аналогичными вариантами на склоне крутизной 14%. Поверхностный сток перераспределяет вещества по длине склона, следовательно, нужно это учитывать при химических мелиорациях почв склонов и осуществлять дифференцированное внесение удобрений и извести.

После проведения химического анализа пахотного слоя почвы выяснилось, что максимальное содержание гумуса, подвижных форм фосфора и обменного калия отмечается в нижней части склона, что связано с процессами смыва и намыва почвы [12].

Если говорить о влиянии обработки на содержание основных элементов питания, то наибольшее количество питательных веществ содержится при поверхностной обработке склона крутизной 7% (2.99% гумуса, 50.71 мг/кг фосфора, 49.12 мг/кг калия), а наименьшее при вспашке на склоне крутизной 14% (2.68% гумуса, 45.73 мг/кг фосфора, 44.78 мг/кг калия) [3].

Нашими исследованиями также установлено, что наибольшей плотностью (1.37-1.4 г/см³) обладала почва при поверхностной обработке, наименьшей (1.29-1.33 г/см³) – при вспашке со щелеванием (табл.3). За три года исследований плотности почвы при вспашке со щелеванием наблюдалась тенденция снижения в среднем на 1.5% (на склоне крутизной 7%) и на 2.2% (на склоне крутизной 14%).

Применение щелевания на глубину 40-50 см. оказало положительное влияние на структурное состояние эродированной почвы. Так, коэффициент структурности на этом варианте на склоне крутизной 7% составил 2.61, на склоне крутизной 14% – 2.34. Количество водопропрочных агрегатов на варианте вспашки со щелеванием также было наибольшим (45.0 % на склоне крутизной 7%, 41.2% – на склоне крутизной 14%). С физическим состоянием почв тесно связана её водопроницаемость. Наилучшая водопроницаемость (11.3 мм/час – на склоне крутизной 14% и 12.1 мм/час – на склоне крутизной 7%) также отмечалась при вспашке со щелеванием, наихудшая (5.7 мм/час – на склоне крутизной 14% и 6 мм/час – на склоне крутизной 7%) – при поверхностной обработке.

На основании исследований в длительном стационарном опыте нами подтверждена закономерность

перераспределения гумуса, подвижных форм фосфора и обменного калия на склоновых землях. На нижних элементах склона происходит накопление питательных веществ, что связано с процессами смыва почвы и питательных веществ поверхностным стоком с верхних элементов склона. Наибольшее содержание органического вещества и питательных веществ в пахотном слое приурочено к варианту поверхностной обработки почвы на склоне крутизной 7% (2.99% гумуса, 507.1 мг/кг фосфора, 491,20 мг/кг калия). Экспериментально установлено, что вымывание калия из пахотного слоя почвы происходит интенсивнее по сравнению с другими химическими элементами.

При орошении дождеванием ежегодные потери питательных веществ с поверхностным стоком из слоя 0-40 см на склоновых землях составляют: фосфора 0.7-6.0 кг/га, калия 2.3-28.9 кг/га, кальция 4.6-45.8 кг/га [6, 7, 8, 15]. В вариантах противоэрозионных приёмов обработки почвы на склоне крутизной 7% миграция химических элементов в 2.2 раза меньше по сравнению с аналогичными вариантами на склоне крутизной 14%.

Прерывистое дождевание способствует снижению вероятности возникновения поверхностного стока и ирригационной эрозии на склоновых землях. Средняя глубина промачивания почвы при таком способе орошения наибольшая (15-18 см), а величина поверхностного стока наименьшая (2-6 мм).

При расчёте режимов орошения следует учитывать разницу в водопотреблении между верхним и нижним элементами склона, которая составляет 12-15 мм.

В верхней части склона необходимо проводить на 1-2 полива больше, чем в основании. Дифференцированные поливы позволяют экономить оросительную воду на 10-15%.

Также при проведении исследований в длительном стационарном опыте нами были определены гидротермические режимы в характерные годы (табл. 4) и оптимальные оросительные нормы, поддерживающие гидротермический коэффициент на уровне 0,9-1,1 и способствующие нормальному почвообразовательному процессу на склоновых землях (таблица 4). 5. Характерные годы определялись по разности между суммой осадков и испарения.

Таблица 3. Средние величины некоторых агрофизических свойств пахотного слоя дерново-подзолистей почвы (2011-2012 годы)
Table 3. Averages of some agrophysical properties of arable layer of turf-subsolous soil (2011-2012)

Вариант обработки	Плотность почвы, г/см ³	Коэффициент структурности	Количество водопропрочных агрегатов, %	Водопроницаемость, мм/час
Крутизна склона 7%				
Поверхностная	1,37	2,68	43,3	6,0
Вспашка	1,33	2,37	39,1	6,1
Вспашка + щелевание	1,29	2,61	45,0	12,1
Крутизна склона 14%				
Поверхностная	1,40	2,41	40,1	5,7
Вспашка	1,36	2,21	38,5	6,0
Вспашка + щелевание	1,33	2,34	41,2	11,3
НСР	0,05	0,32	3,69	0,44

Таблица 4. Гидротермические режимы в характерные годы
Table 4. Hydrothermal modes in characteristic years

Показатели	Годы			
	средне сухой	средний	сухой	средне влажный
Сумма температур >10°C	2247	2236	2416	2462
Радиационный баланс земной поверхности ®*, ккал/см² в год	37,1	37,0	39,2	39,7
Годовая сумма осадков (ΣР), мм в год	405,5	426,6	371,5	522,0
Гидротермический коэффициент () в природных условиях	1,52	1,44	1,76	1,38

Анализируя данные таблицы 4 можно сказать, что самым неблагоприятным по соотношению радиационного баланса и осадков был сухой год, когда гидротермический коэффициент $\bar{R} = 1,78$ вплотную приблизился к критическому значению 1,8. Наиболее близкими к оптимальным были гидротермические коэффициенты средне влажного года ($\bar{R} = 1,38$) и среднего года ($\bar{R} = 1,44$). Поэтому, добиться оптимальных значений гидротермического коэффициента, возможно только применяя орошение.

Оросительную норму в зависимости от требуемого гидротермического режима можно рассчитать по формуле:

$$M = \left(\frac{R_t}{R} \right) - P, \quad (2)$$

на склоне крутизной 14% – 2.34. Количество водопрочных агрегатов было наибольшим (45.0% – на склоне крутизной 7%, 41.2 % – на склоне крутизной 14%).

Щелевание способствует заметному увеличению водопроницаемости почвы (она достигла 11.3 мм/час на склоне крутизной 14%, 12.1 мм/час – на склоне крутизной 7%). Это увеличивает водопоглотительную способность и способствует накоплению влаги в метровом слое почвы.

Сочетание щелевания с зяблевой вспашкой оказывает благоприятное влияние на величину плотности почвы, которая на этом варианте была наименьшей (1.29-1.33 г/см³) и за три года исследований имела тенденцию к снижению (в среднем на 1.5% – на склоне крутизной 7%, на 2.2% – на склоне крутизной 14%).

Таблица 5. Расчетные оросительные нормы (м³/га), для различных значений гидротермического коэффициента разных по обеспеченности осадками и температурой лет

Table 5. Estimated irrigation rates (m³/ha), for different values of hydrothermal coefficient different in precipitation and summer temperature

Гидротермический коэффициент	Годы			
	средне сухой	средний	сухой	средне влажный
0,9	3230	3000	3980	2570
1,0	2500	2270	3210	1790
1,1	1900	1680	2580	1160

Из данных, приведенных в таблице 5, следует, что для обеспечения благоприятных условий почвообразования в Центральной Нечерноземной зоне РФ и произрастания растений оросительные нормы составляют в зависимости от свойств почв и вида культур для разных по обеспеченности осадками и температурой лет 1160-3980 м³/га в год [4]. Полученные значения оросительных норм коррелируются с рекомендуемыми размерами для средних и сухих по обеспеченности осадками и температурой лет.

Применение щелевания на глубину 40-50 см оказывает положительное влияние на структурное состояние эродированной почвы. Коэффициент структурности в этом варианте на склоне крутизной 7% составил 2.61,

Максимальная урожайность возделываемых культур (3,15 т корм. ед.) отмечена при орошении в варианте вспашки со щелеванием. Прибавка урожая овса от орошения составила в среднем 1.05-1.13 т/га, ячменя – 0.92-1.23 т/га, многолетних трав первого года пользования (сухая масса) – 0.69-1.00 т/га, при урожайности в контроле: 2.38-2.58 т/га – овёс, 1.93-2.39 т/га – ячмень, 3.09-3.2 т/га – многолетние травы.

Максимальный экономический эффект применения орошения на склоновых землях в период исследований достигнут при возделывании ячменя с подсевом многолетних трав. Дополнительные затраты на орошение в условиях засушливого вегетационного периода окупались значительной прибавкой урожая (1.35 т/га – при

поверхностной обработке склона крутизной 7%, 1.33 т/га – при вспашке со щелеванием склона крутизной 14%).

В адаптивно-ландшафтных системах земледелия при разработке приёмов современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны, на склонах южной экспозиции, крутизной 7%, 14% и протяжённостью 120 м, для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур, рекомендуется производить прерывистый полив: сначала малой поливной нормой (100-300 м/га), который смачивает верхний слой почвы, вытесняет почвенный воздух, подготавливает почву к основному поливу. Для условий

Нечерноземья, рекомендуемый размер оросительной нормы для средних по обеспеченности осадками и температурой лет – 1400-1500 м³/га и 2400-2500 м³/га – для сухих лет. Такие нормы формируют оптимальные условия для почвообразовательных процессов, воспроизводства плодородия и развития растений на склоновых землях. В целях защиты от водной эрозии и деградации дерново-подзолистых почв на склонах южной экспозиции, рекомендуется проводить вспашку со щелеванием на глубину 40-50 см и расстоянием между щелями 7-8 м в почвозащитном севообороте с чередованием культур: 1) ячмень + многолетние травы, 2) многолетние травы, 3) многолетние травы, 4) озимые, 5) овёс.

Об авторах:

Николай Николаевич Дубенок – академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>

Марина Владимировна Климакина – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, <https://orcid.org/0000-0002-2673-4964>

Елена Владимировна Мацыганова – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, <https://orcid.org/0000-0001-8207-2718>

About the authors:

Nikolay N. Dubenok – Academician of the RAS, Doc. Sci. (Agriculture), Professor, Head of Department of Agricultural Reclamation, Forestry and Land Management, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>

Marina V. Klimakhina – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management, <https://orcid.org/0000-0002-2673-4964>

Elena V. Matsyganova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management, <https://orcid.org/0000-0001-8207-2718>

• Литература

1. Официальный сайт Росреестра. Электронный ресурс. Режим доступа: www.rosreestr.ru, свободный.
2. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрохимического режима орошения. С.-П.: Гидрометеиздат, 1995. 359 с.
3. Дубенок Н.Н., Калинин Р.В., Климакина М.В., Шумакова К.Б., Мацыганова Е.В. Суммарное водопотребление зерновых культур на склоновых землях центрального района РФ и зональные биологические коэффициенты. *Овощи России*. 2020;(6):120-125. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-120-125>
4. Баздырев Г.И., Павликов М.А. Агроэкологическая и агрономическая эффективность почвозащитных приёмов обработки почвы и средств химизации на склоновых землях. *Известия ТСХА*. 2004;(2):3-16.
5. Климакина М.В., Мацыганова Е.В. Актуальные проблемы землеустройства земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. *Доклады ТСХА*. 2020;292(2):529-533.
6. Калинин Р.В., Климакина М.В., Шумакова К.Б., Мацыганова Е.В., Дудakov Н.К. Микробиологическая характеристика почвы при возделывании овощных культур на капельном поливе в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2019;(2):18-22.
7. Евграфов А.В., Климакина М.В., Мацыганова Е.В. Особенности формирования поверхностного стока при поливе дождеванием в агроландшафтах Нечерноземья. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2013;(4):13-17.
8. Дубенок Н.Н., Климакина М.В. Обоснование необходимости страхового орошения сельскохозяйственных культур в Нечерноземной зоне РФ. *Достижения науки и техники АПК*. 2010;(4):46-47.
9. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. Л.: Гидрометеиздат, 1937. С.5-27.
10. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1960. 622 с.
11. Иванов Н.Н. Мировая карта испаряемости. Л.: Гидрометеиздат, 1957. 39 с.
12. Панов Н.П., Мамонтов В.Г. Почвенные процессы в орошаемых черноземах и каштановых почвах и пути предотвращения их деградации. М.: Россельхозакадемия, 2001. 253 с.
13. Давитая Ф.Ф., Мельник Ю.С. Проблема прогноза испаряемости и оросительных норм. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 69 с.
14. Kotaiah Swamy, D., Rajesh, G., Jaya Krishna Pooja, M., Rama Krishna, A. Microcontroller Based Drip Irrigation System International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE). 2013;1(6). April
15. Postel S. Drip Irrigation Expanding Worldwide. Water Currents. *National Geographic*. Режим доступа: <http://newswatch.nationalgeographic.com/2012/06/25/drip-irrigation-expanding-worldwide>

• References

1. The official website of Rosreestr. [Electronic resource]. Access mode: www.rosreestr.ru, free.
2. Parfenova N.I., Latticetina N.M. Environmental Principles of Regulation of Hydrochemical Irrigation Regime. S.-P.: Hydrometeoisdat, 1995. 359 p. (In Russ.)
3. Dubenok N.N., Kalinichenko R.V., Klimakhina M.V., Matsyganova E.V., Shumakova K.B. Total water consumption of cereals on the slopes of the Central District of Russia and zoned bioclimatic ratios. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(6):120-125. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-120-1>
4. Bazdyrev G.I., Pavlikov M.A. Agroecological and agronomic efficiency of soil-protection materials of soil treatment and chemical treatment on the slopes. *News of TSHA*. 2004;(2):3-16. (In Russ.)
5. Klimakhina M.V., Matsyganova E.V. Actual problems of land management of agricultural land of the Russian Federation. *Reports of the TCHA*. 2020;292(2):529-533. (In Russ.)
6. Kalinichenko R.V., Klimakhina M.V., Shumakova K.B., Matsyganova E.V., Dudakov N.K. Microbiological soil characteristic when cultivating vegetable crops on drip watering in the dry steppe zone of the Lower Volga region. 2019;(2):18-22. (In Russ.)
7. Evgrafov A.V., Klimakhina M.V., Matsyganov E.V. Features of the formation of surface runoff when watering raining in agrolandscapes of the Necherny earth. *Melioration and water management*. 2013;(4):13-17. (In Russ.)
8. Dubenok N.N., Klimakhina M.V. Justification for the need for insurance irrigation of crops in the Non-chernozem zone of the Russian Federation. *Achievements of science and technology of the APC*. 2010;(4):46-47. (In Russ.)
9. Selyaninov G.T. Method of agricultural climate characteristics. L.: Hydrometeoisdat, 1937. p.5-27. (In Russ.)
10. Kostyakov A.N. Basics of Reclamation. M.: Agricultural, 1960. 622 p. (In Russ.)
11. Ivanov N.N. World evaporation map. L.: Hydrometeoisdat, 1957. 39 p. (In Russ.)
12. Panov N.P., Mammoth V.G. Soil processes in irrigated black soils and chestnut soils and ways to prevent their degradation. M.: Rosselkhozakademia, 2001. 253 p. (In Russ.)
13. Davitaya F.F., Melnik ZH. Problem of evaporation and irrigation standards. - L.: Hydrometeoisdat, 1970. 69 p. (In Russ.)
14. Kotaiah Swamy, D., Rajesh, G., Jaya Krishna Pooja, M., Rama Krishna, A. Microcontroller Based Drip Irrigation System International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE). 2013;1(6). April
15. Postel S. Drip Irrigation Expanding Worldwide. Water Currents. *National Geographic*. Режим доступа: <http://newswatch.nationalgeographic.com/2012/06/25/drip-irrigation-expanding-worldwide>