5. Богряков А.Н., Максютов Н.А. Миграция нитратного азота в почве в зависимости от погодных условий и вида пара // Бажановские чтения: сб. науч. тр. к 90-летию Бузулукского опытного поля. Оренбург, 2003. Вып.1. С. 155–161.

6. Совершенствование севооборотов за счёт подбора культур по пару в степной зоне Южного Урала / А.В. Кислов, В.Н. Диденко, А.В. Кащеев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (47). С. 19–22.

7. Продуктивность культур и севооборотов с чистым паром на Южном Урале / А.В. Кислов, В.Н. Диденко, А.В. Кащеев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 4 (36). С. 33–35.

8. Эффективность возделывания зерновых по чистым парам / А.В. Кислов, Ф.Г. Бакиров, Р.Ф. Ягофаров [и др.] // Зерновое хозяйство. 2006. № 8. С. 14–16.

9. Листопадов И.Н., Игнатьев Д.С., Гаевая Э.А. Севооборот как средство предотвращения водной эрозии почв // Земледелие. 2010. № 8. С. 8–9.

10. Минниахметов И.С., Мурзабулатов Б.С. Продуктивность севооборотов и систем земледелия // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2019. № 8 (175). С. 60–65.

11. Абдрашитов Р.Х., Насыбуллин И.И. Формирование урожайности яровой твёрдой пшеницы в степных условиях казахстанской провинции // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. № 4 (8). С. 39–42.

12. Максютов Н.А., Митрофанов Д.В. Влияние различных частей склона на содержание подвижных питательных веществ, урожайность зерновых культур и качество зерна пшеницы в Оренбургском Зауралье [Электронный ресурс] // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. № 1. 12 с. URL: http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-1/Articles/NAM-2018-1.pdf

13. Zuluaga D.L., Sonnante G. The Use of Nitrogen and Its Regulation in Cereals: Structural Genes, Transcription Factors, and the Role of miRNAs // Plants (Basel). 2019. Vol. 8 (8). P. 294–15.

14. Zuluaga D.L., De Paola D., Janni M. et al. Durum wheat miRNAs in response to nitrogen starvation at the grain filling stage // PLoS One. 2017. Vol. 12 (8): e0183253. P. 18.

15. He X., Qu B., Li W. et al. The Nitrate-Inducible NAC Transcription Factor TaNAC2-5A Controls Nitrate Response and Increases Wheat Yield // Plant Physiol. 2015. Vol. 169 (3). P. 1991–2005.

16. Schneider H.M., Postma J.A., Wojciechowski T. et al. Root Cortical Senescence Improves Growth under Suboptimal Availability of N, P, and K // Plant Physiol. 2017. Vol. 174 (4). P. 2333–2347.

17. Teng W., Deng Y., Chen X. et al. Characterization of root response to phosphorus supply from morphology to gene analysis in field-grown wheat // J Exp Bot. 2013. Vol. 64 (5). P. 1403–1411.

18. Cai K., Gao H., Wu X. et al. The Ability to Regulate Transmembrane Potassium Transport in Root Is Critical for Drought Tolerance in Barley // Int J Mol Sci. 2019. Vol. 20 (17): 4111. P. 22.

19. Raddatz N., Morales de los Ríos L., Lindahl M. et al. Coordinated Transport of Nitrate, Potassium, and Sodium // Front Plant Sci. 2020. Vol. 11: 247. P. 18.

Дмитрий Владимирович Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». Россия, 460051, г. Оренбург, пр-т Гагарина, 27/1, dvm.80@mail.ru

Татьяна Александровна Ткачёва, кандидат химических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». Россия, 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ttkacheva@inbox.ru

Dmitry V. Mitrofanov, Candidate of Agriculture, Leading Researcher. Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences. 27/1, Gagarin Ave., Orenburg, 460051, Russia, dvm.80@mail.ru

Tatyana A. Tkacheva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor. Orenburg State University. 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia, ttkacheva@inbox.ru

Научная статья
УДК 631.5:633.34:631.582(470.62/.67)
doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-14-18

Внедрение различных систем обработки почвы по комплексному показателю в зоне Центрального Предкавказья

Юрий Алексеевич Кузыченко
Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр

Аннотация. В статье представлен расчётный метод оценки зон внедрения различных систем основной обработки почвы на основании расчётов комплексного показателя, учитывающего почвенно-климатические и агрофизические условия в различных районах Ставропольского края. Основой расчётов интегрального показателя $D_р$ являются критериальные показатели по районам обследования в крае: содержание гумуса в пахотном слое преобладающего типа почв; равновесная плотность почвы в корнеобитаемом слое; подверженность почвенного покрова водной эрозии и дефляции; средний гидротермический коэффициент (ГТК) последнего пятилетнего периода, учитывающий климатическую ситуацию в период весенне-летней вегетации культур. На основании проведённых расчётов определены диапазоны обобщённого тестового $D_т$ и рассчитанного $D_р$ показателей для каждой зоны обследования. Сравнение этих значений определило, что в западной и юго-западной частях края с $D_р > 0{,}891$ наиболее приемлема глубокая отвальная или чизельная

система обработки почвы на глубину 27–30 см, учитывая преимущественное возделывание пропашных культур в данных зонах края. В центральной части края с преимущественным возделыванием зерновых колосовых культур по занятым парам и непаровым предшественникам с D_p в диапазоне 0,891–0,766, рекомендуется комбинированная система обработки почвы с чередованием обычных отвальных или безотвальных способов основной обработки почвы на глубину 20–22 см с мелкими обработками на глубину 10–12 см под отдельные культуры севооборотов. В восточной зоне края, характеризующейся низким содержанием гумуса и сложной дефляционной ситуацией, при $D_p < 0,766$ предлагается внедрение системы минимализации обработки почвы с оставлением поверхностной почвенно-соломистой мульчи.

Ключевые слова: обработка почвы, комплексный показатель, почвенно-климатические условия, зона внедрения, Центральное Предкавказье.

Для цитирования: Кузыченко Ю.А. Внедрение различных систем обработки почвы по комплексному показателю в зоне Центрального Предкавказья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 14–18. doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-14-18.

Original article

Implementation of various soil cultivation systems for a complex indicator in the Central Ciscaucasia zone

Yuri A. Kuzychenko
North-Caucasus Federal Agricultural Research Centre

Abstract. The article presents a calculation method for assessing the zones of implementation of various systems of basic tillage on the basis of calculations of a complex indicator that takes into account soil-climatic and agrophysical conditions in various regions of the Stavropol Territory. The basis for calculating the integral indicator Dp is the criterion indicators for the survey areas in the region: humus content in the arable layer of the prevailing soil type, %; equilibrium soil density in the root layer, g/cm3; susceptibility of soil cover to water erosion and deflation,%; the average hydrothermal coefficient (HTC) of the last five-year period, taking into account the climatic situation during the spring-summer growing season of crops. On the basis of the calculations, the ranges of the generalized test Dt and the calculated Dp indicators were determined for each survey area. Comparison of these values determined that in the western and southwestern parts of the region with Dp > 0.891, a deep moldboard or chisel tillage system to a depth of 27–30 cm is most acceptable, given the predominant cultivation of row crops in these regions of the region. In the central part of the region, with the predominant cultivation of cereal crops in occupied fallows and non-fallow predecessors with Dp in the range of 0.891–0.766, it is recommended to combine soil cultivation systems with alternation of conventional moldboard or non-moldboard methods of basic tillage to a depth of 20–22 cm with small a depth of 10–12 cm for individual crops of crop rotation. In the eastern zone of the region, characterized by a low humus content and a complex deflationary situation, at Dp < 0.766, it is proposed to introduce a system of minimizing soil cultivation, leaving surface soil-straw mulch.

Keywords: tillage, complex indicator, soil and climatic conditions, zones of introduction, Central Ciscaucasia.

For citation: Kuzychenko Yu. A. Implementation of various soil cultivation systems for a complex indicator in the Central Ciscaucasia zone. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2021; 88(2): 14–18. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-14-18.

Научная концепция обеспечения продуктивного долголетия земельных ресурсов разных стран, в том числе и в России, основана на внедрении ресурсо- и энергосберегающих технологий в целях повышения уровня сельскохозяйственного производства на определённой аграрной территории [1–10]. Актуальность повышения плодородия почвы и снижения энергозатрат на производство продукции растениеводства вызвала необходимость принятия новых технологических решений по обработке почвы в отдельных районах Ставропольского края [11]. Известен ряд научных исследований, касающихся оценки деградационных процессов почвенного покрова на основании обобщённого показателя и оценки степени выпаханности почвы [12–15].

Цель исследования – разработка показателя, обобщённо оценивающего освоение различных систем обработки почвы в зонах обследования края, с учётом особенностей климатических и агрофизических условий в корнеобитаемом слое почвы.

Материал и методы. Для расчёта интегрального показателя принимаются следующие критерии по районам обследования: гумусированность в слое почвы 0–20 см, % (y_1); равновесная плотность преобладающего типа почвы, г/см^3 (y_2); эродируемость почвы, % (y_3); гидротермический коэффициент (ГТК) – y_4. Расчёты проведены с учётом разработки Кубанского НИИСХ [16], основанной на выборе критериев оценки, их весомости и желательности.

Расчёты обобщённых значений $D_т$ и D_p проводили по формуле:

$$D = \sqrt[n]{d_1^{k_1} \cdot d_2^{k_2} \cdot d_3^{k_3} \cdot d_4^{k_4}}, \qquad (1)$$

где $k_1 ... k_4$ – весомость критериев;

$d_1 ... d_4$ – желательность отдельных показателей;

$n = 4$ – число показателей.

Определение k_i проводилось на основании оценки экспертов по обработке почвы с проверкой достоверности их выводов при помощи критерия χ^2. Значения желательности определённого пара-

метра d_i вычисляли по формуле аппроксимации вида $d_i = by_i + c$, устанавливающей связь между критериями y_1; y_2; y_3 и y_4 в натуральных размерностях и их желательности в диапазоне d = 1,0; 0,8; 0,63; 0,37 и 0,2.

Результаты исследования. Расчёты, проведённые по результатам экспертной оценки, показали, что наиболее весомым является показатель содержание гумуса в почве y_1 (k_1 = 0,514), далее следует равновесная плотность почвы y_2 (k_2 = 0,285), эродируемость (y_3) с весомостью k_3 = 0,114 и ГТК(y_4) с k_4 = 0,086 (табл. 1).

Расчёты показали результат χ^2 = 18,2 при табличном значении χ^2 = 7,82, т.е. установлена достоверная согласованность мнений экспертов. Диапазон натуральных показателей, соответствующий определённым уровням желательности (табл. 2), выбран с использованием метода группировки данных и другой информации [17].

Следуя концептуальным положениям по ориентации внедрения определённой системы обработки почвы, принятым в зоне Центрального Предкавказья [11], определяется возможность применении глубоких отвальных или чизельных обработок в наиболее благоприятных зонах при возделывании пропашных культур с D > 0,891, обработка почвы с комбинацией приёмов под разные культуры в зонах с удовлетворительными условиями возделывания культур D = 0,891 – 0,766 и минимализации обработки почвы (D < 0,766) в районах с жёсткими почвенными и климатическими условиями.

В таблице 3 приведены линейные уравнения определения желательности d_i натуральных показателей y_i, полученные с использованием усреднённых данных $y_{1...4}$ для желательностей $d_{1...0.2}$, приведённых в таблице 2.

Расчёты обобщённого показателя D_p по комплексу показателей приведены в таблице 4.

Карта возможности внедрения определённой системы обработки в различных зонах края разработана на основе сравнения значений D_p и $D_т$ (рис. 1).

Выводы. Учитывая технологические возможности и почвенно-климатические условия приоритетного выращивания пропашных культур в западной и юго-западной частях края, рекомендуются глубокие отвальные или чизельные обработки до 27–30 см. В средней части края, в большей степени ориентированной на выра-

1. Результаты расчётов весомости показателей k

Эксперты	Показатель			
	y_1	y_2	y_3	y_4
1	1/0,65*	2/0,15	3/0,10	4/0,10
2	2/0,40	1/0,45	3/0,10	4/0,05
3	1/0,50	2/0,35	4/0,05	3/0,10
4	1/0,60	2/0,3	3/0,05	4/0,05
5	1/0,55	2/0,25	3/0,10	4/0,10
6	1/0,50	2/0,20	3/0,20	4/0,10
7	1/0,40	2/0,30	3/0,20	4/0,10
Сумма рангов	8/0,514	13/0,285	21/0,114	27/0,086
Отклонение от средней суммы рангов	–9,25	–4,25	3,75	9,75
Квадраты отклонений	85,6	18,1	14,1	95,1

Примечание: *в числителе – ранг показателя t_j; в знаменателе – весомость показателя k_i.

2. Диапазоны показателей для различных уровней желательности

Показатель	Обозначение	Желательность, d				
		1,0	0,80	0,63	0,37	0,2
Содержание гумуса, %	y_1	5,0–4,0	4,0–3,62	3,62–2,88	2,88–2,14	2,14–1,4
Плотность почвы, г/см^3	$У_2$	1,08–1,16	1,16–1,24	1,24–1,32	1,32–1,39	1,39–1,47
Эродируемость, %	y_3	4,0–15,9	15,9–27,8	27,8–39,7	39,7–51,6	51,6–63,5
ГТК	y_4	0,9–0,81	0,81–0,73	0,73–0,64	0,64–0,56	0,56–0,47
$D_т$		1,0	0,9688	0,8910	0,7664	0,6689

3. Уравнения аппроксимации $d_i = f(y_i)$

Показатель y_i	Уравнение
y_1	$d_{i1} = 0,2743y_{i1} – 0,2916$
y_2	$d_{i2} = – 2665y_{i2} + 3,9925$
y_3	$d_{i3} = – 0,0171y_{i3} + 1,1757$
y_4	$d_{i4} = 2,196\ y_{i4} – 0,9152$

4. Расчётный показатель $D_р$ по районам обследования

Район обследований	y_1/d_1	y_2/d_2	y_3/d_3	y_4/d_4	$D_р$
1	1,6/0,15	1,47/0,07	43,7/0,43	0,47/0,12	0,606
2	1,4/0,09	1,32/0,47	30,0/0,66	0,47/0,12	0,656
3	1,9/0,23	1,21/0,77	14,6/0,93	0,47/0,12	0,744
4	1,7/0,17	1,45/0,13	44,1/0,42	0,5/0,18	0,645
5	1,7/0,17	1,30/0,53	4,0/1,10	0,55/0,29	0,741
6	2,0/0,26	1,30/0,53	38,2/0,52	0,5/0,18	0,759
7	2,3/0,34	1,32/0,47	17,1/0,88	0,5/0,18	0,749
8	1,8/0,2	1,30/0,53	13,0/0,95	0,55/0,29	0,755
9	2,1/0,28	1,25/0,66	18,3/0,86	0,6/0,4	0,803
10	2,6/0,42	1,26/0,63	5,7/1,09	0,5/0,18	0,836
11	2,5/0,39	1,24/0,69	37,5/0,53	0,67/0,56	0,837
12	2,1/0,28	1,18/0,85	25,6/0,74	0,54/0,27	0,808
13	2,9/0,5	1,26/0,63	42,6/0,45	0,63/0,47	0,846
14	3,2/0,59	1,29/0,55	25,5/0,74	0,8/0,84	0,883
15	3,0/0,53	1,33/0,45	47,3/0,37	0,7/0,62	0,837
16	4,6/0,97	1,26/0,63	63,5/0,09	0,83/0,91	0,896
17	4,4/0,91	1,13/0,98	47,4/0,36	0,92/1,1	0,959
18	3,9/0,78	1,21/0,77	43,8/0,43	0,86/0,97	0,932
19	4,4/0,91	1,19/0,82	43,5/0,43	0,9/1,06	0,949
20	3,2/0,59	1,25/0,66	36,3/0,55	0,88/1,02	0,890
21	3,2/0,59	1,21/0,77	9,0/1,02	0,88/1,02	0,917
22	2,9/0,50	1,13/0,98	15,1/0,92	0,86/0,97	0,910
23	3,4/0,64	1,10/1,1	23,0/0,78	0,86/0,97	0,942
24	3,2/0,59	1,21/0,77	16,9/0,89	0,78/0,80	0,910
25	3,2/0,59	1,15/0,93	14,6/0,93	0,78/0,80	0,922
26	5,1/1,1	1,08/1,11	61,4/0,12	0,9/1,06	0,958



Рис. 1 – Рекомендуемые системы обработки почвы в определённых зонах Ставропольского края

щивание зерновых культур по занятым парам и непаровым предшественникам, принимается комбинированная система обработки почвы с отвальной или безотвальной обработкой до 20–22 см под предшественник с мелкой обработкой на 10–12 см под основную культуру. В восточных районах, традиционно ориентированных на возделывание озимой пшеницы в условиях сухого земледелия, с дефицитом гумуса и осадков, приемлема минимальная мульчирующая обработка почвы комбинированными агрегатами с оставлением стерни.

Литература

1. Ахметзянов М.Р., Таланов И.П. Влияние систем основной обработки почвы и фонов питания на продуктивность культур звена полевого севооборота // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 5. С. 10–13.

2. Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P., Oparina O.S., Oparin M.L. // Scientific Bases for Enuring Productive Longevity of Agrolandscapes in Russia Biology Bulletin. 2019. Т. 46. № 10. С. 1442–1447.

3. Минимализация обработки почвы и её влияние на агрофизические показатели чернозёма выщелоченного и урожайность полевых культур / А.С. Найденов, Н.И. Бардак, С.С. Терехова [и др.] // Научный журнал Кубанского ГАУ. 2018. № 140 (06). С. 1–11.

4. Динамика агрофизических свойств чернозёмов при длительном сельскохозяйственном использовании и пути их оптимизации в условиях Краснодарского края / А.С. Найденов, В.П. Василько, Н.И. Бардак [и др.] // Научный журнал Кубанского ГАУ. 2018. № 142 (08). С. 1–16

5. Yasnolob I.O., Chauka T.O., Gorb O.O. et al. Using resource and energy-saving technologies in agricultural production as a direction of raising energy efficiency of rural territories // Ukrainian journal of ecology. 2019. Т. 9. No.1. Pp. 244–250.

6. Cociu A.I., Alionte E. Effect of different tillage systems on grain yield and its quality of winter wheat, maize and soybean under different weather conditions // Romanian agr. research / Agr. research and development inst. Fundulea. 2017. No. 34. Pp. 59–67.

7. Woźniak A., Rachoń L. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties // Agriculture (Switzerland). 2020. № 10(9). Pp. 1–12.

8. Cooper R.J., Hama-Aziz Z.Q., Hiscock K.M., Lovett A.A., Vrain E., Dugdale S. J., Noble L. Conservation tillage and soil health: Lessons from a 5-year UK farm trial (2013–2018) / Soil and Tillage Research, 2020. 202 p.

9. Klik A., Rosner J. 2020 Long-term experience with conservation tillage practices in austria: Impacts on soil erosion processes/ Soil and Tillage Research/ 2020. 203 p.

10. Sweeney D.W. Tillage, Seeding Rate and Fertilizer Placement for Corn Grown in Claypan Soil under Low-yielding Conditions // Crop forage & turfgrass management. 2016. Т. 2. No. 1. Pp. 1–7.

11. Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., Годунова Е.И. Системы обработки почвы в звене полевого севооборота для зоны Центрального Предкавказья. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2019. С. 12–18.

12. Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., Кобозев А.К. Обобщённая оценка дифференциации систем основной обработки почвы под культуры севооборота // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 8. С.28–30.

13. Canales E., Bergtold J.S., Williams J.R. Modeling the Choice of Tillage Used for Dryland Corn, Wheat and Soybean Production by Farmers in Kansas // Agricultural and resource economics review. 2018. Т. 47. No. 1. Pp. 90–117.

14. Stagnari F., Galieni A., D'Egidio S., Pagnani G. Pisante. Sustainable soil management // Innovations in sustainable agriculture. M.: 2019. Pp. 105–131.

15. Трофимова Т.А. Оценка степени деградации чернозёмов ЦЧР и выбор оптимального способа основной обработки почвы // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (66). С. 63–70.

16. Сохт К.А. Машинные технологии возделывания зерновых культур. Краснодар, 2001. С. 24–28.

17. Куприченков М.Т. Бонитировка почв Ставрополья: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та. 2005. С. 26–50.

Юрий Алексеевич Кузыченко, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник. ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Россия, 356241, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, smc.yuka@yandex.ru

Yuri A. Kuzychenko, Doctor of Agriculture, Chief Researcher. North Caucasus Federal Agrarian Research Centre. 49, Nikonova St., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, Russia, smc.yuka@yandex.ru

Научная статья
УДК 633.1:551.5:631.559
doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-18-23

Холодная засуха в степном Оренбуржье и её влияние на урожайность сельскохозяйственных культур*

Николай Алексеевич Максютов, Александр Алексеевич Зоров, Виталий Юрьевич Скороходов, Дмитрий Владимирович Митрофанов, Юрий Васильевич Кафтан, Наталья Анатольевна Зенкова
Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН

Аннотация. В статье представлены результаты исследований за 2018–2020 гг. в связи с проявлением нового вида засухи, характерной для холодной. Особенностью этого типа засухи являются низкие температуры в ночное время и высокие в дневное, достигающие 20–25 °С, с резкими её перепадами, изменением атмосферного давления до 10–15 единиц и влажности воздуха до 30 % и ниже. В условиях холодной засухи, в крайне неблагоприятных, рост и развитие ранних яровых зерновых культур проходит в стрессовой ситуации, формируя небольшую биомассу, небольшой колос и урожай. Дефицит тепла в весенний период в ночное время приводит к снижению биологических процессов в почве, особенно нитратного азота – основного элемента питания для роста растений ранних яровых зерновых культур. По своей биологии озимые культуры устойчиво переносят весной холодную засуху, а дефицит почвенного азота восполняется минеральным, что существенно повышает урожайность как при основном его внесении,

* Исследование выполнено в соответствии с планом НИР на 2020–2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0003).