

Влияние пищевого режима на водопотребление сельскохозяйственных культур в почвозащитном севообороте

Ольга Алексеевна Захарова

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

ol-zahar-ru@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены расчеты водопотребления и биоклиматических коэффициентов культур в почвозащитном севообороте в зоне техногенного загрязнения в зависимости от пищевого режима.

Проблема и цель. Основным загрязняющим окружающую среду предприятием на территории региона является Рязанская ГРС, выбросы которой распространены в радиусе 86,2 км. В выбросах присутствуют тяжелые металлы (ТМ), приоритетными являются Cu, Zn, Cd, Pb, которые влияют на рост и развитие растений. Еще одним действенным негативным природным фактором влияния на растения являются почвенная и атмосферная засуха, суховеи. В комплексе влияние антропогенных и природных факторов может привести не только к снижению роста и ухудшению развития растений, но и их гибели. Изменить ситуацию в агрофитоценозе можно с помощью мероприятий, например, по обеспечению водного баланса в почве, что позволит улучшить питание растений, изменить подвижность токсикантов и т.п. В этом и заключалась актуальность актуальной.

Методология. Исследования проводились в Пронском районе, где сельскохозяйственные поля расположены в непосредственной близости от ГРЭС и растения испытывают техногенный прессинг. Ранее на основе экспериментов были определены культуры-фиторемедианты, включенные в почвозащитный севооборот, который был внедрен и действовал в хозяйстве с 2006 года, затем был перерыв в 5 лет. Почва серая лесная среднесуглинистая среднего уровня плодородия. ТМ определялись спектральным методом. Внесение минеральных удобрений соответственно принятой системе в хозяйстве с учетом видов культур в севообороте. Расчет водопотребления (Е, м³/га) сельскохозяйственных культур проводили по уравнению водного баланса. Биологические коэффициенты (Кб) сельскохозяйственных культур рассчитывались по формуле А.М. и С.М. Алпатьевых (1988). Обработка полученных результатов на компьютерной программе Statistika 10.

Результаты. Результаты исследований показали прямую связь между поступлением питательных веществ с удобрением. Результаты расчета водопотребления культур показали невысокие величины в раздельных посевах, а при введении в севооборот потребление воды в среднем за ротацию составило 880 м³/га, то есть было больше почти в 2 раза. Биоклиматические коэффициенты, зависящие от водопотребления, составляли величины от 0,09 до 0,55 мм/мб в зависимости от вида культуры и фазы ее развития. Введение почвозащитного севооборота при орошении позволило растениям-фиторе медиантам вынести с урожаем из почвы значительное количество ТМ, но при этом концентрация их в самих растениях не превышала ПДК. Урожайность культур в почвозащитном севообороте увеличилась на 100...255%.

Заключение. Внедрение почвозащитного севооборота на загрязненной ТМ почве целесообразно, так как установлен активный вынос поллютантов растениями, причем концентрация ТМ в самих органах и тканях не превышала ПДК, за счет оптимизации пищевого режима и роста водопотребления увеличилась урожайность культур в 2-3 раза.

Ключевые слова: почвозащитный севооборот, пищевой режим, водопотребление, биоклиматические коэффициенты, тяжелые металлы, урожайность

Original article

THE INFLUENCE OF FOOD REGIME ON WATER CONSUMPTION OF AGRICULTURAL CROPS IN SOIL-PROTECTIVE CROP ROTATION

Olga Alekseevna Zakharova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", Ryazan, Russia

ol-zahar-ru@yandex.ru

Abstract. The article presents calculations of water consumption and bioclimatic coefficients of crops in soil-protective crop rotation in the zone of technogenic pollution depending on the food regime.

The problem and purpose. The main polluting enterprise in the region is Ryazan GRES, the emissions of which are distributed within a radius of 86.2 km. The emissions contain heavy metals (HM), the priority ones are Cu, Zn, Cd, Pb, which affect the growth and development of plants. Another effective negative natural factor affecting plants is soil and atmospheric drought, dry winds. In combination, the influence of anthropogenic and natural factors can lead not only to a decrease in growth and deterioration in the development of plants, but also to their death. The situation in the agrophytocenosis can be changed by measures, for example, to

ensure water balance in the soil, which will improve plant nutrition, change the mobility of toxicants, etc. This is the relevance of the study.

Methodology. The studies were conducted in Pronsky district, where agricultural fields are located in close proximity to the state district power plant and plants are subject to technogenic pressure. Previously, based on experiments, phytoremediant crops were identified, included in the soil-protective crop rotation, which was introduced and operated on the farm since 2006, then there was a break of 5 years. The soil was gray forest medium loamy having average fertility. HMs were determined by the spectral method. The water consumption (E , m^3/ha) of agricultural crops was calculated using the water balance equation. Biological coefficients (K_b) of agricultural crops were calculated using the formula of A.M. Alpatyev and S.M. Alpatyev (1988). The obtained results were processed using Statistika 10 computer program.

Results. Research results showed a direct link between the supply of nutrients and fertilizers. The results of calculating the water consumption of crops showed low values in separate crops, and when introduced into crop rotation, the average water consumption per rotation was $880 m^3/ha$ or 2 times more. Bioclimatic coefficients depending on water consumption were from 0.09 to 0.55 mm/mb depending on the type of crop and the phase of its development. The introduction of soil-protective crop rotation with irrigation allowed phytoremediant plants to remove a significant content of HMs from the soil with the harvest, but their concentration in plants themselves did not exceed the MAC. The yield of crops in soil-protective crop rotation increased by 100...255%.

Conclusion. The introduction of soil-protective crop rotation on soil contaminated with heavy metals is advisable, since active removal of pollutants by plants has been established, and the concentration of heavy metals in organs and tissues themselves did not exceed the MAC, due to the increase in water consumption, crop yields increased by 2-3 times.

Key words: soil-protective crop rotation, food regime, water consumption, bioclimatic coefficients, heavy metals, yield

Введение

Территория Рязанской области расположена в зоне достаточного, но неравномерного распределения атмосферных осадков. Так, в вегетационные периоды сельскохозяйственные растения получают избыток влаги в виде ливневых дождей или, наоборот, испытывают дефицит влаги и действие суховеев. Получение максимальной продуктивности культур в эти периоды зависит от поддержания оптимального водно-воздушного режима почв с помощью орошения. Обеспечение оптимального режима орошения является одной из важных задач, ведь поливная вода растворяет находящиеся в почве элементы, что может ухудшить условия произрастания растений. В первую очередь это может произойти в зоне техногенного загрязнения, в частности, при размещении сельскохозяйственных полей вблизи Рязанской ГРЭС,

радиус влияния которой составляет 86,2 км. С выбросами в атмосферу поступает огромное количество токсикантов, среди которых присутствуют тяжелые металлы (ТМ). Проведенный почвенно-экологический мониторинг профессором Ю.А. Мажайским выявил приоритетные тяжелые металлы для региона Cu, Zn, Cd, Pb и позволил определить общее критическое экологическое состояние территории Рязанской области.

Потребление воды (Е) растениями в севообороте зависело от их вида, биологических особенностей и количества токсикантов в почве, которые влияли на рост и развитие культур, обеспеченности культур питательными веществами (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 - Водопотребление (Е, м³/га) сельскохозяйственных культур по расчетным декадам в почвозащитном севообороте (полевой опыт)

Культуры	Расчетные декады										Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Многолетние травы 3 г.п.	16,7	25,9	48,49	56,7	15,6	23,8	37,9	17,1	30,6	26,0	298,79
Кукуруза + озимая рожь	16,4	24,8	30,4	38,8	52,2	56,8	44,8	12,0	18,5	23,7	207,4 + 54,2
Овес+многолетние травы	44,2	24,5	16,6	34,6	37,5	48,6	46,1	36,8	32,2	26,6	56,4+ 262,4
$\Sigma = 879,19$											

Многолетние травы за три вегетации сформировали 3 полноценных укоса при обеспеченности водой 100% и потребили на формирование урожая почти 300 м³/га воды. Кукуруза хорошо отзывается на поливы, ею потреблено более 200 м³ воды, растения озимой ржи потребили лишь 54 м³ воды, что объясняется ее естественным недостатком. Овес тоже влаголюбив, но потребил воды почти на уровне озимой ржи, а многолетние травы посеянные после его укоса успели употребить более 260 м³ воды до заморозков. Всего за одну ротацию Е=879,19 м³/га (таблица 1, рисунок 1)

Урожайность культур (У) выросла в 2-4 раза.

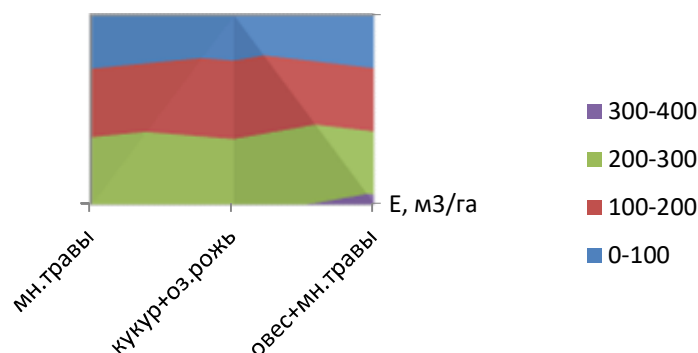


Рисунок 1 - Изменение суммарного водопотребления в зависимости от урожайности сельскохозяйственных культур в севообороте

Figure 1 - Change in total water consumption depending on the yield of agricultural crops in crop rotation

Так, максимальное потребление воды установлено у многолетних трав, овса и кукурузы, меньшее – у озимой ржи. Сравнительная характеристика высоты растений, в частности, овса показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Сравнительная высота растений овса в фазу кущения в почвозащитном севообороте (а) и в бессменной монокультуре (б)

Figure 2 – Comparative height of oat plants in the tillering phase in soil-protective crop rotation (a) and in permanent monoculture (b)

Дисперсионный анализ влияния Е и У показал тесную зависимость при уровне значимости $\geq 0,999$ (таблица 2). В таблице 3 приведены результаты спектрального анализа по определению ТМ в почве и растениях до и после использования в хозяйстве почвозащитного севооборота.

Исходная концентрация токсикантов в почве высокая, но после первой ротации содержание ТМ снизилось в почве под севооборотными культурами по Zn на 22%, Cu – 30%, Cd – 50% и Pb – 60%.

Таблица 2 - Результаты дисперсионного анализа

Дисперсионный анализ	Число степеней свободы	Сумма квадратов	Дисперсия на одну степень свободы
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>
Регрессия	3	300	100
Остаток	10	100	10

До введения почвозащитного севооборота возделывались на поле многолетние травы бессменно и концентрация ТМ в них была высокая. После первой ротации в растениях содержание ТМ было повышенным, но ниже уровня фитотоксичности при котором наблюдается снижение урожайности. Так, содержание ТМ за первую ротацию понизилось по Zn на 60%, Cu – 46%, Cd – и Pb – по 44%.

Таким образом, за первую ротацию было вынесено из почвы растениями ТМ в убывающем ряду: Zn>Cu>Cd=Pb.

Таблица 3 - Содержание ТМ в почве и растениях (средние значения), мг/кг

Культура	Место отбора проб	Металл			
		Cu	Pb	Zn	Cd
почва					
До введения севооборота	почва 0-25	70,00±6,2	30,00±2,2	88,00±5,9	1,90±0,6
После первой ротации	почва 0-25 25-50	48,60± 2,7	12,05±0,9	59,60±3,6	0,95±0,1
		45,50 ± 2,2	10,25± 0,7	55,50± 3,3	0,81±0,1
растения					
До введения севооборота	Σлистья, стебли	2,88±0,9	0,85±1,2	0,85±1,2	5,22±0,9
После первой ротации суммарно в растениях		1,55±0,7	0,48±0,4	0,34±0,6	2,88±0,1

Биоклиматические коэффициенты Кб показывают роль растений и погодных условий на расход влаги при орошении. Сравнительные результаты расчета Кб многолетних трав в почвозащитном севообороте (вар.2) и бессменном возделывании в богарных условиях давали тоже по 3 укоса меньшим количеством (вар.1), отображено на рисунке 3.

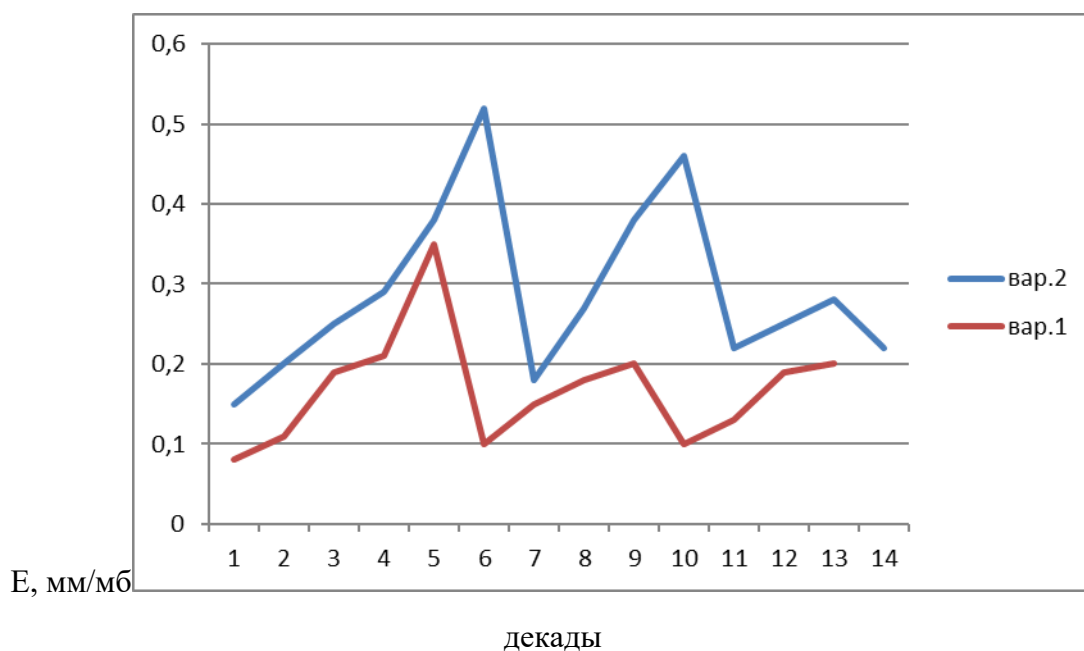


Рисунок 3 – Биоклиматические коэффициенты многолетних трав, мм/мб
Figure 3 – Bioclimatic coefficients of perennial grasses, mm/mb

Так, Кб многолетних трав в почвозащитном севообороте при одинаковых прочих факторах вырос на 0,23....0,26 мм/мб. Аналогичные изменения установлены и по другим культурам севооборота.

Урожайность культур в почвозащитном севообороте заметно выросла, что объясняется, в первую очередь, введением поливов. Урожайность многолетних трав составила 22 т/га, кукурузы на ранний силос – почти 38 т/га, озимая рож дала 3,7 т/га и овес – 16 т/га.

За одну ротацию продуктивность составила около 8000 корм. ед. зеленой массы. Урожайность выращиваемых культур по сравнению со средними данными по Рязанской области были значительно выше: многолетних трав выше средних данных почти на 122%, кукурузы - на 211%, озимой ржи – на 100%, овса – на 225%, что объясняется, в первую очередь, улучшением водного режима, во-вторую – снижением вредного действия на растения ТМ.

Нами был рассчитан предварительный баланс ТМ до и после внедрения почвозащитного севооборота при орошении возделываемых культур:

$$Б_{ТМ \text{ до внедрения севооборота}} = 576;$$

$$Б_{ТМ \text{ после внедрения севооборота}} = 152 \text{ мг/кг}$$

Предварительный расчет баланса ТМ показал вынос их из почвы за ротацию севооборота 424 мг/кг.

Закключение

Таким образом, обеспеченность сельскохозяйственных культур питательными веществами в севообороте оказало влияние на их потребление растениями. Водопотребление сельскохозяйственных культур в

почвозащитном севообороте составило за ротацию 879,19 м³/га. Биоклиматические коэффициенты отражали потребление воды конкретными видами растений, в частности, многолетними травами. У них максимальная величина Кб составила в первый укос 0,52 мм/б, то есть выше на 12% по сравнению с неорошаемым возделыванием в бессменной культуре, во второй укос – на 57% и в третий укос – на 31%.

Внедрение почвозащитного севооборота в зоне техногенного загрязнения целесообразно, так как урожайность культур выросла в 2-4 раза на фоне общего снижения концентрации ТМ в почве и продукции. Баланс ТМ в почве показал снижение концентрации ТМ в 3,8 раза за ротацию.

Библиографический список

1. Бурлакова, Л.М. Влияние орошения на перераспределение свинца и меди в профиле почв / Л.М. Бурлакова, Г.Г. Морковкин, С.И. Завалишин, С.А. Довбыш, И.В. Никулин // Научный журнал "Известия АГУ", 1999. - №3(13) – С. 6-11. URL:<https://izvestia.asu.ru/1999/3/geog/03.ru.html>
2. Захарова, О. А. Усвоение тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами и возможность при уровне загрязнения Z=16-32 проведения фиторемедиации / О. А. Захарова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2011. - № 3 (11). - С. 31-35. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm>
3. Долгосрочное прогнозирование урожайности овса и озимой ржи в севообороте на основе расчетов имитационной модели агроэкосистемы / И. И. Садовая, О. А. Захарова, О. В. Черкасов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2022. –Т.14. –№ 2. – С. 80-87. DOI 10.36508/RSATU.2022.54.2.010
4. Садовая, И.И. Инновационный прием в технологии возделывания зерновых культур в звеньях севооборотов/ И.И.Садовая, О.А. Захарова //Вестник РГАТУ, 2023. - №2. – С. 66- 73. DOI:10.36508/RSATU.2023.76.15.010
5. Захарова, О.А. Роль почвозащитного севооборота в экологической стабильности агроландшафта / О.А. Захарова, О.В. Черкасов, О.Д. Кучер // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2023. - №2(2). - С.24-35. DOI:10.36508/journal.2023.48.55.004

References

1. Burlakova, L.M. Vliyanie orosheniya na pereraspredelenie svincza i medi v profile pochv / L.M. Burlakova, G.G. Morkovkin, S.I. Zavalishin, S.A. Dovbysh, I.V. Nikulin // Nauchny`j zhurnal "Izvestiya AGU", 1999. - №3(13) – S. 6-11. URL:<https://izvestia.asu.ru/1999/3/geog/03.ru.html>
2. Zaxarova, O. A. Usvoenie tyazhely`x metallov sel`skoxozyajstvenny`mi kul`turami i vozmozhnost` pri urovne zagryazneniya Z=16-32 provedeniya fitoremediacii / O. A. Zaxarova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotexnologicheskogo universiteta im. P.A. Kosty`cheva, 2011, № 3 (11). - S. 31-35. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm>

3. *Dolgosrochnoe prognozirovanie urozhajnosti ovsa i ozimoy rzhi v sevooborote na osnove raschetov imitacionnoj modeli agroekosistemy* / I. I. Sadovaya, O. A. Zaxarova, O. V. Cherkasov [i dr.] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotexnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2022.–T.14. –№ 2. – S. 80-87. DOI 10.36508/RSATU.2022.54.2.010
4. *Sadovaya, I.I Innovacionnyj priem v texnologii vozdevaniya zernovykh kul'tur v zven'yax sevooborotov*/ I.I.Sadovaya, O.A. Zaxarova // *Vestnik RGATU*, 2023. - №2. – S. 66- 73. DOI:10.36508/RSATU.2023.76.15.010
5. *Zakharova, O.A. Rol' pochvozashhitnogo sevooborota v ekologicheskoy stabil'nosti agrolandshafta* / O.A. Zakharova, O.V. Cherkasov, O.D. Kucher // *Setevoy nauchnyj zhurnal RGATU*, 2023. - №2(2). - S.24-35. DOI:10.36508/journal.2023.48.55.004