

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.80>

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ КУЛЬТУР СЕВОБОРОТА В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Научная статья

Новичихин А.М.^{1,*}, Чайкин В.В.²

¹ ORCID : 0009-0007-3851-2713;

² ORCID : 0000-0003-2447-9944;

^{1,2} Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (nam45539[at]yandex.ru)

Аннотация

Воронежская область является зоной неустойчивого и недостаточного увлажнения. Весенние запасы влаги в почве и осадки, выпадающие в период вегетации, оказывают решающее влияние на формирование и величину урожайности сельскохозяйственных культур. В статье представлены результаты исследований по влиянию минеральных удобрений на накопление и расход влаги из почвы полевыми культурами на протяжении всего севооборота. Установлено, что применение минеральных удобрений, обеспечивая повышение продуктивности культур, приводит к большему иссушению корнеобитаемого горизонта почвы к периоду уборки, однако влага, пошедшая на формирование урожая, расходуется более продуктивно. За холодный осенне-зимне-весенний период запасы влаги в метровом слое почвы на удобренном фоне восстанавливаются до уровня запасов неудобренного фона. Таким образом, в условиях Воронежской области применение минеральных удобрений под полевые культуры позволяет не только существенно повышать урожайность полевых культур, но и более рационально расходовать почвенную влагу без опасения иссушения корнеобитаемого горизонта почвы.

Ключевые слова: удобрения, почвенная влага, расход почвенной влаги, культуры севооборота.

INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE WATER REGIME OF CROP ROTATION IN CONDITIONS OF VORONEZH OBLAST

Research article

Novichikhin A.M.^{1,*}, Chaikin V.V.²

¹ ORCID : 0009-0007-3851-2713;

² ORCID : 0000-0003-2447-9944;

^{1,2} V.V. Dokuchaev Voronezh Federal Agrarian Research Center, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (nam45539[at]yandex.ru)

Abstract

Voronezh Oblast is a zone of unstable and insufficient moisture supply. Spring moisture reserves in the soil and precipitation during the growing season have a decisive influence on the formation and value of crop yields. The article presents the results of research on the influence of mineral fertilizers on the accumulation and consumption of moisture from the soil by field crops throughout the crop rotation. It is established that the use of mineral fertilizers, providing an increase in crop productivity, leads to greater desiccation of the root-habitat soil horizon by the harvesting period, but the moisture used for crop formation is spent more productively. During the cold autumn-winter-spring period, moisture reserves in the metre layer of soil on the fertilized background are restored to the level of reserves of the unfertilized background. Thus, in the conditions of Voronezh Oblast, the use of mineral fertilizers for field crops allows not only to significantly increase the yield of field crops, but also to use soil moisture more rationally without fear of drying out the root-inhabited soil horizon.

Keywords: fertilizers, soil moisture, soil moisture consumption, rotation crops.

Введение

Одним из важнейших факторов жизнедеятельности растений является вода. Для создания 1 г сухого вещества растения расходуют от 200 до 1000 г воды [1], [2]. В литературе имеются сведения, что высокие урожаи озимых обеспечиваются в том случае, когда запасы влаги в метровом слое почвы составляют: при посеве 75-100 мм; всходах – 75-175 мм; прекращении вегетации – 100-175 мм; возобновлении вегетации – 15-250 мм; в фазу выхода в трубку – 125-225 мм; в фазу колошения – 100-175 мм; в фазу цветения – 75-175 мм; в период молочной спелости зерна – 50-150 мм и во время восковой спелости – 25-150 мм [2], [3].

Центрально-Черноземный регион и, в частности Воронежская область, является зоной неустойчивого и недостаточного увлажнения. Урожайность сельскохозяйственных культур в наибольшей мере зависит от весенних запасов влаги в почве и от количества осадков, выпадающих в период вегетации.

Многие агротехнические приемы в земледелии, такие как полезащитное лесоразведение, пожнивное лущение, зяблевая вспашка, снегозадержание, борьба с сорняками, ранневесеннее боронование, правильные севообороты улучшают условия накопления и расхода почвенной влаги [4], [6], [8], [10].

Применение удобрений, обеспечивающее повышение урожайности сельскохозяйственных культур, приводит к увеличению расхода влаги из почвы. В результате к периоду уборки сельскохозяйственных культур иссушение почвы

на удобренном фоне, как правило, всегда выше, чем на безудобренном фоне. В условиях неустойчивого и недостаточного увлажнения при ограниченности осадков в холодный осенне-зимне-весенний период это грозит тем, что весенние запасы влаги на полях с применением удобрений могут не восстанавливаться до уровня запасов влаги на полях, где удобрения не применяются. А это, в свою очередь, может приводить к недобору урожайности последующей культуры севооборота.

Поэтому в задачу наших исследований входило изучить влияние минеральных удобрений на весеннее накопление почвенной влаги и ее расходование растениями на формирование урожая.

Материал и методика

Исследования проведены за период с 2013 по 2021 гг. в многолетнем стационарном опыте ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» в севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – кукуруза на зерно – ячмень – горох – озимая пшеница – кукуруза на зерно – ячмень – подсолнечник. Анализ почвенных образцов на содержание влаги проведен на двух вариантах опыта:

- 1) без удобрений ($N_0P_0K_0$);
- 2) с уровнем удобренности 9-польного севооборота минеральными удобрениями ($N_{720}P_{540}K_{540}$).

При этом на втором варианте опыта распределение удобрений между культурами севооборота было следующим: под пар – $N_0P_0K_0$; под озимую пшеницу – $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + N_{30}$; под кукурузу – $N_{90}P_{90}K_{90}$; под ячмень – $N_{90}P_{90}K_{90}$; под горох – $N_{60}P_{60}K_{60}$; под озимую пшеницу – $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30} + N_{30}$; под кукурузу – $N_{90}P_{90}K_{90}$; под ячмень – $N_{90}P_{90}K_{90}$; под подсолнечник – $N_0P_0K_0$.

Азотно-фосфорно-калийное удобрение в виде нитроаммофоски вносилось осенью под основную обработку почвы, а азотные удобрения – на озимой пшенице в виде подкормок: 1-я – с ранневесенним внесением аммиачной селитры, а 2-я и 3-я – соответственно в фазы выхода растений в трубку и налива зерна карбамидом (мочевинной) некорневым способом.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднemocный среднегумусный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В слое 0-30 см содержание гумуса – 6,39%, $pH_{ксл}$ – 6,0, гидролитическая кислотность – 1,67 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 46,1 мг-экв/100 г почвы, валовое содержание: азота – 0,297%, фосфора – 0,170%, калия – 1,82%. Содержание подвижных форм фосфора и калия колеблется соответственно от 70 до 120 и от 65 до 115 мг/кг почвы.

Динамика продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см на безудобренном и удобренном фонах под кукурузой изучалась в 2013-2015 гг., под ячменем в 2014-2016 гг., под горохом в 2015-2017 гг., под озимой пшеницей в 2016-2018 гг., под кукурузой в 2017-2019 гг., под ячменем в 2018-2020 гг. и под подсолнечником в 2019-2021 гг. Сравнивались два крайних уровня удобренности севооборота минеральными удобрениями: $N_0P_0K_0$ и $N_{720}P_{540}K_{540}$.

Определение содержания влаги в почве проводили классическим термостатно-весовым методом (путем взятия проб до глубины 1,0 м на зерновых культурах и до 1,5 м на подсолнечнике через каждые 10 см и высушивания до постоянной массы при температуре 105°C). Расчет запасов продуктивной влаги в почве определялся с учетом фактических показателей влажности завядания и плотности сложения почвы по формуле:

$$W = 0,1x(B - BЗ)hxhd \cdot \rho_e$$

- W – запас продуктивной влаги, мм;
 0,1 – коэффициент для перевода в мм;
 B – полевая влажность, %;
 BЗ – влажность завядания, %;
 h – мощность слоя почвы, см;
 d – плотность сложения почвы, г/см³.

Расчет коэффициента водопотребления проводили следующим образом: Общий расход почвенной и атмосферной влаги (в т/га) каждой культурой за вегетационный период делили на полученную урожайность (в т/га). При этом сумму осадков за вегетационный период каждой культуры пересчитывали с учетом 75% их эффективности.

Основные результаты

Таблица 1 - Запасы продуктивной влаги в почве удобренного и безудобренного фонов во время уборки культур севооборота в мм

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.80.1>

Вариант опыта	Слой почвы, см	Культуры севооборота						
		Кукуруза	Ячмень	Горох	Озимая пшеница	Кукуруза	Ячмень	Подсолнечник
Годы		2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018	2017-2019	2018-2020	2019-2021
N_0 P_0 K_0	0-20	2,2	31,3	13,7	4,0	0,9	7,0	0,6
	0-50	7,1	95,6	32,6	11,8	12,1	19,3	3,3
	0-100	21,8	180,8	57,8	37,3	35,7	51,4	14,2
	0-150	-	-	-	-	-	-	16,8

N ₇₂₀ P ₅₄₀ K ₅₄₀	0-20	0,1	33,2	10,7	2,2	0,5	5,2	0,8
	0-50	2,6	88,5	28,3	7,5	6,1	18,1	4,0
	0-100	13,6	163,1	56,4	28,9	26,6	43,7	14,4
	0-150	-	-	-	-	-	-	16,9

Таблица 2 - Весенние запасы продуктивной влаги в почве под культурами севооборота на безудобренном и удобренном фонах в мм

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.80.2>

Вариант опыта	Слой почвы, см	Культуры севооборота						
		Кукуруза	Ячмень	Горох	Озимая пшеница	Кукуруза	Ячмень	Подсолнечник
Годы		2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018	2017-2019	2018-2020	2019-2021
N ₀ P ₀ K ₀	0-20	23,0	61,4	25,9	17,0	10,9	15,1	14,4
	0-50	57,6	124,8	62,5	48,7	38,5	44,9	45,4
	0-100	120,7	220,9	150,8	130,5	110,6	110,7	100,4
	0-150	-	-	-	-	-	-	126,9
N ₇₂₀ P ₅₄₀ K ₅₄₀	0-20	23,6	58,2	23,8	16,7	15,7	16,1	13,6
	0-50	59,1	126,8	61,7	47,2	58,1	46,4	48,8
	0-100	123,2	226,3	149,9	127,6	136,7	121,6	113,2
	0-150	-	-	-	-	-	-	136,3

Таблица 3 - Расход почвенной влаги за период вегетации культур севооборота в опыте в мм

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.80.3>

Вариант опыта	Слой почвы, см	Культуры севооборота							В среднем на одну культуру севооборота
		Кукуруза	Ячмень	Горох	Озимая пшеница	Кукуруза	Ячмень	Подсолнечник	
Годы		2013-2015	2014-2016	2015-2017	2016-2018	2017-2019	2018-2020	2019-2021	
N ₀ P ₀ K ₀	0-20	20,8	30,1	12,2	13,0	10,0	8,1	13,8	15,4
	0-50	50,5	29,2	29,9	36,9	26,4	25,6	42,1	34,4
	0-100	98,9	40,1	93,0	93,2	74,9	59,3	86,2	77,9
	0-150	-	-	-	-	-	-	110,1	-
N ₇₂₀ P ₅₄₀ K ₅₄₀	0-20	23,5	25,0	13,1	14,5	15,2	10,9	12,8	16,4
	0-50	56,5	38,3	34,2	39,7	52,0	28,3	44,8	42,0
	0-100	109,6	68,6	94,4	98,7	110,1	77,9	98,8	94,0
	0-150	-	-	-	-	-	-	119,4	-

Таблица 4 - Коэффициенты потребления влаги культурами севооборота в опыте

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.80.4>

Вариант опыта	Культуры севооборота							В среднем на одну культуру
	Кукуруза	Ячмень	Горох	Озимая пшеница	Кукуруза	Ячмень	Подсолнечник	
Годы	2013-	2014-	2015-	2016-	2017-	2018-	2019-	

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	севообо
N ₀ P ₀ K ₀	590	1002	568	811	793	848	1063	811
N ₇₂₀ P ₅₄₀ K ₅₄₀	460	738	499	599	557	638	1014	644

Обсуждение

Проведенные исследования (табл. 1) показали, что на удобренном фоне к периоду уборки практически под всеми культурами севооборота запасы продуктивной влаги в почве оставались меньше, чем на неудобренном фоне. Так, для слоя почвы 0-100 см различия между безудобренным и удобренным фонами в пользу безудобренного фона составили: после кукурузы возделываемой в опыте в 2013-2015 гг. – 8,2 мм; после ячменя возделываемого в 2014-2016 гг. – 17,7 мм; после озимой пшеницы возделываемой в 2016-2018 гг. – 8,4 мм; после кукурузы возделываемой в 2017-2019 гг. – 9,1 мм и после ячменя возделываемого в 2018-2020 гг. – 7,7 мм.

Однако за холодный осенне-зимне-весенний период запасы продуктивной влаги в почве на удобряемых вариантах опыта выравнивались с запасами влаги не удобряемых вариантов как в слое 0-20, так и в слоях 0-50, 0-100 и 0-150 см, и даже в некоторых случаях превосходили запасы влаги в последних (табл. 2).

Причиной большего накопления влаги в почве на удобренном фоне, по мнению И.Б. Годунова [11], является то, что удобрения, систематически вносимые в почву, обогащают ее органическими коллоидами, образующимися за счет большего накопления корневых и пожнивных остатков растений. Это обеспечивает повышение водопропускной способности структуры и общей порозности, которые создают лучшие условия для прохождения воды по профилю почвы и ее накопления.

Расход почвенной влаги за период вегетации культур (табл. 3) показал, что все культуры севооборота на удобренном фоне потребляли большее количество почвенной влаги, чем на неудобренном фоне. Так, на посевах кукурузы за 2013-2015 гг. это потребление было на 10,7 мм больше, на посевах ячменя за 2014-2016 гг. – на 28,5 мм больше, на посевах гороха за 2015-2017 гг. – на 1,4 мм больше, на посевах озимой пшеницы за 2016-2018 гг. – на 5,5 мм больше, на посевах кукурузы за 2017-2019 гг. – на 35,2 мм больше, на посевах ячменя за 2018-2020 гг. – на 18,6 мм больше и на подсолнечнике за 2019-2021 гг. – на 12,6 мм больше в слое 0-100 см и на 9,3 мм больше для слоя почвы 0-150 см. В зависимости от складывающихся погодных условий, главным образом от суммы выпавших осадков в каждом конкретном вегетационном периоде, соотношение между этими статьями потребления влаги существенно меняется. Более конкретным показателем расхода продуктивной влаги является коэффициент водопотребления (табл.4). Он показывает количество влаги, израсходованное на создание единицы продукции.

Наряду с расходом почвенной влаги для расчета коэффициентов водопотребления культурами севооборота были использованы показатели количества атмосферных осадков, выпавших за период вегетации культур, и урожайность основной продукции этих культур. Для кукурузы в среднем за 2013-15 гг. сумма осадков за вегетационный период с учетом коэффициента эффективности 75% составила 186,0 мм, для ячменя в среднем за 2014-16 гг. – 148,5 мм, для гороха в среднем за 2015-17 гг. – 42,8 мм, для озимой пшеницы в среднем за 2016-18 гг. – 156,0 мм, для кукурузы в среднем за 2017-19 гг. – 198,8 мм, для ячменя в среднем за 2018-20 гг. – 90,0 мм и для подсолнечника в среднем за 2019-21 гг. – 166,9 мм. Урожайность основной продукции культур севооборота на безудобренном и удобренном фонах составила: кукурузы 2013-15 гг. посева соответственно 4,83 и 6,43 т/га; ячменя 2014-16 гг. посева – 1,88 и 2,94 т/га; гороха – 2,39 и 2,94 т/га; озимой пшеницы – 3,07 и 4,25 т/га; кукурузы 2017-19 гг. посева – 3,45 и 5,55 т/га; ячменя 2018-20 гг. посева – 1,76 и 2,63 т/га и подсолнечника – 2,63 и 2,82 т/га.

Полученные расчеты показали, что применение удобрений, обеспечивая значительное увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, приводит к существенному снижению потребления влаги на единицу полученной продукции. На кукурузе 2013-2015 гг. возделывания коэффициент водопотребления на удобренном фоне снизился на 22,0%, на ячмене 2014-2016 гг. возделывания – на 26,3%, на горохе 2015-2017 гг. возделывания – на 12,1%, на озимой пшенице 2016-2018 гг. возделывания – на 26,1%, на кукурузе 2017-2019 гг. возделывания – на 29,8%, на ячмене 2018-2020 гг. возделывания – на 24,8% и на подсолнечнике 2019-2021 гг. возделывания – на 4,6%. В среднем по всем представленным культурам потребление влаги на единицу полученной продукции на удобренном фоне было на 20,6% ниже, чем на безудобренном.

Заключение

Констатируя вышеизложенное, следует, что применение минеральных удобрений, обеспечивая повышение урожайности сельскохозяйственных культур, приводит к большему иссушению корнеобитаемого горизонта почвы к периоду уборки, однако, влага, пошедшая на формирование урожая, расходуется более продуктивно. За холодный осенне-зимне-весенний период запасы влаги в метровом слое почвы на удобренном фоне восстанавливаются до уровня запасов неудобренного фона. Таким образом, в условиях Воронежской области применение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры позволяет не только существенно повышать их урожайность, но и более рационально расходовать почвенную влагу без опасения иссушения корнеобитаемого горизонта почвы.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Кауричев И.С. Почвоведение / И.С. Кауричев, И.П. Гречин. — М.: Колос, 1969. — 543 с.
2. Вериго С.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве / С.А. Вериго, Л.А. Разумова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1973. — 328 с.
3. Попов Г.И. Селекция озимой ржи / Г.И. Попов, В.Т. Васько, Н.Г. Пугач — Л.: Агропромиздат, 1986. — 240 с.
4. Борьба за влагу — борьба за урожай / Под ред. П.Ф. Котова. — Воронеж: Центрально-Черноземное кн. издательство, 1969. — 177 с.
5. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь / В.В. Докучаев. — М.: Сельхозгиз, 1936. — 119 с.
6. Костычев П.А. О борьбе с засухами в Черноземной области посредством обработки полей и накопления снега. Избр. Труды / П.А. Костычев. — М.: Изд-во АН СССР, 1951. — 450 с.
7. Витер А.Ф. Изменение плодородия черноземов при их обработке / А.Ф. Витер // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. — М.: Агропромиздат, 1990. — С. 123-129.
8. Шабаетв А.И. Ресурсосберегающая почвозащитная обработка почвы в агроландшафтах Поволжья / А.И. Шабаетв // Земледелие. — 2007. — № 1. — С. 20-23.
9. Сидоров М.И. Система земледелия Молдавии / М.И. Сидоров. — Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1965. — 172 с.
10. Федуллова А.А. Правильные севообороты обеспечивают рациональное использование влаги. Борьба за влагу — борьба за урожай / А.А. Федуллова; под ред. П.Ф. Котова. — Воронеж: Центрально-Черноземное кн. издательство, 1969. — С. 105-119.
11. Годунов И.Б. Роль удобрений в условиях неустойчивого и недостаточного увлажнения юго-востока ЦЧП / И.Б. Годунов // Агротехнические основы улучшения использования черноземов. — Каменная Степь, 1980. — Т. 17. — Вып. 1. — С. 52-59.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kaurichev I.S. Pochvovedenie [Soil Studies] / I.S. Kaurichev, I.P. Grechin. — M.: Kolos, 1969. — 543 p. [in Russian]
2. Verigo S.A. Pochvennaja vlaga i ee znachenie v sel'skohozjajstvennom proizvodstve [Soil Moisture and its Importance in Agricultural Production] / S.A. Verigo, L.A. Razumova. — L.: Gidrometeoizdat, 1973. — 328 p. [in Russian]
3. Popov G.I. Selekcija ozimoj rzhi [Selection of Winter Wheat] / G.I. Popov, V.T. Vas'ko, N.G. Pugach — L.: Agropromizdat, 1986. — 240 p. [in Russian]
4. Bor'ba za vlagu — bor'ba za urozhaj [Struggle for Moisture – Struggle for Harvest] / Ed. by P.F. Kotov. — Voronezh: Central Black Earth Book Publishing House, 1969. — 177 p. [in Russian]
5. Dokuchaev V.V. Nashi stepi prezhde i teper' [Our Steppes Before and Now] / V.V. Dokuchaev. — M.: Sel'hozgiz, 1936. — 119 p. [in Russian]
6. Kostychev P.A. O bor'be s zasuhami v Chernozemnoj oblasti posredstvom obrabotki polej i nakoplenija snega. Izbr. Trudy [On Combating Droughts in the Black Earth Region by Means of Tilling Fields and Snow Accumulation. Sel. Works] / P.A. Kostychev. — M.: Publishing House AS USSR, 1951. — 450 p. [in Russian]
7. Viter A.F. Izmenenie plodorodija chernozemov pri ih obrabotke [Change of Black Soils Fertility at Their Cultivation] / A.F. Viter // Resursosberegajushhie sistemy obrabotki pochvy [Resource-saving Systems of Soil Cultivation]. — M.: Agropromizdat, 1990. — P. 123-129. [in Russian]
8. Shabaev A.I. Resursosberegajushhaja pochvozashhitnaja obrabotka pochvy v agrolandshtah Povolzh'ja [Resource-saving Soil-protective Tillage in Agrolandschutz of the Volga Region] / A.I. Shabaev // Zemledelie [Agriculture]. — 2007. — № 1. — P. 20-23. [in Russian]
9. Sidorov M.I. Sistema zemledelija Moldavii [Moldavian Farming System] / M.I. Sidorov. — Kishinev: Kartja moldovenjaskje, 1965. — 172 p. [in Russian]
10. Fedulova A.A. Pravil'nye sevooboroty obespechivajut racional'noe ispol'zovanie vlagi. Bor'ba za vlagu — bor'ba za urozhaj [Correct Crop Rotations Ensure Rational Use of Moisture. Struggle for Moisture – Struggle for Harvest] / A.A. Fedulova; ed. by P.F. Kotov. — Voronezh: Central Black Earth Book Publishing House, 1969. — P. 105-119. [in Russian]
11. Godunov I.B. Rol' udobrenij v uslovijah neustojchivogo i nedostatochnogo uvlazhnenija jugo-vostoka CChP [The Role of Fertilizers in Conditions of Unstable and Insufficient Humidification in the South-East of the Central-Central Region] / I.B. Godunov // Agrotehnicheskie osnovy uluchshenija ispol'zovanija chernozemov [Agrotechnical Basis for Improving the Use of Chernozems]. — Kamennaja Step', 1980. — Vol. 17. — Iss. 1. — P. 52-59. [in Russian]