

УДК 631.8:631.445.4 (470.56)

DOI 10.37670/2073-0853-2020-86-6-21-26

Эффективность применения удобрений на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья*

Н.А. Максютов, д-р с.-х. наук; **В.Ю. Скороходов**, канд. с.-х. наук;
Д.В. Митрофанов, канд. с.-х. наук; **Ю.В. Кафтан**, канд. с.-х. наук;
Н.А. Зенкова, канд. с.-х. наук
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

Исследования ведутся на базе многолетнего стационарного опыта по севооборотам и бесменным посевам сельскохозяйственных культур на двух фонах питания с 1990 г. в бывшем ОПХ им. Куйбышева Оренбургского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Проводятся исследования по методике полевого опыта, общепринятой для центральной зоны Оренбургской области при изучении севооборотов.

* Исследования выполняются в соответствии с планом НИР на 2018–2020 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0003).

Объектом исследования является шестипольный зернопаровой севооборот (пар чёрный кулисный – озимая рожь, пшеница – яровая твёрдая пшеница – просо – яровая мягкая пшеница – ячмень). За 29 лет исследований урожайность озимой ржи составила на удобренном фоне 25,4 ц, неудобренном – 21,9 ц, озимой пшеницы – 16,9 и 15,3 ц, яровой твёрдой пшеницы – 11,4 и 11,2 ц, проса – 12,6 и 13,7 ц, яровой мягкой пшеницы – 10,8 и 10,1 ц, ячменя – 17,0 и 14,8 ц с 1 га соответственно. В результате проведённого исследования установлено, что эффективность минеральных удобрений на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья приводит к значительной прибавке урожайности озимых культур (рожь, пшеница) и ячменя в зернопаровом севообороте.

Ключевые слова: культура, удобрение, осадки, температура воздуха, засуха, засушливость, урожайность.

Важным агротехническим приёмом повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур является применение удобрений. Однако в засушливых условиях Оренбургской области их эффективность зависит от многих факторов, таких, как: запасы влаги в почве, количество выпавших осадков, температура воздуха, вид культуры и её биологические особенности, предшественник, способ внесения удобрений и т.д. Все перечисленные факторы имели место в наших длительных полевых опытах за 29 лет [1–5] и в других исследованиях [6–11].

В связи с часто повторяющимися засухами на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья до конца не решена проблема эффективности минеральных удобрений в получении высокой урожайности сельскохозяйственных культур в севооборотах с наименьшими экономическими затратами. Таким образом, нами проводились полевые исследования по данному вопросу в засушливых условиях Оренбургской области.

Цель исследования заключалась в повышении урожайности сельскохозяйственных культур в шестипольном зернопаровом севообороте за счёт применения минеральных удобрений.

Согласно методике полевого дела [12], опыт был заложен в пространстве методом простых повторений в четырёхкратной повторности с развёртыванием вариантов на всех полях севооборотов.

Материал и методы исследования. Полевые опыты проводились с 1990 г. на длительном опытном поле в бывшем ОПХ им. Куйбышева Оренбургского НИИСХ (с. Нежинка, Оренбургский р-н, Оренбургская обл.) в системе зернопарового севооборота.

Почва опытного участка – чернозём южный карбонатный малогумусный тяжелосуглинистый. Количество гумуса в слое 0–30 см почвы составляет 3,2–4,0 %, общего азота – 0,20–0,31 %, общего фосфора – 0,14–0,22 %, подвижного фосфора – 1,5–2,5 мг, обменного калия – 30–38 мг на 100 г почвы, рН почвенного раствора – 7,0–8,1. Наименьшая полевая влажность в слоях почвы 0–100 см, 0–150 см составляет 297 мм (27,1 %) и 389 мм (25,4 %) соответственно.

Объектом исследования являлся шестипольный зернопаровой севооборот: пар чёрный кулисный – озимая рожь, пшеница – яровая твёрдая пшеница – просо – яровая мягкая пшеница – ячмень.

Схема опыта двухфакторная: $5A \times 5B$, где A – минеральные удобрения: двойной суперфосфат + калийная соль, аммофос, нитроаммофос, азотфосфат, аммофосфат;

B – культура после предшественника: озимые (рожь и пшеница) после чёрного кулисного пара, яровая твёрдая пшеница после озимых культур, просо после яровой твёрдой пшеницы, яровая мягкая пшеница после проса, ячмень после яровой мягкой пшеницы.

Полевые исследования велись на удобренном и неудобренном фонах питания. Под сельскохозяйственные культуры вносили под вспашку азот и фосфор по 40 кг, под чёрный кулисный пар (до посева озимых культур) – фосфор, 80 кг, и калий, 40 кг действующего вещества на 1 га. На другой части делянок минеральные удобрения не применялись.

Повторность опыта – четырёхкратная. Делянки имели следующие размеры: ширина составляла 14,4 м, длина – 90 м. Делянку с озимыми разделяли на 7,2 м \times 90 м. Длина делянок удобренного фона – 30 м, неудобренного – 60 м. Урожайная учётная площадь делянок была равна 60 и 120 м². Применялась агротехника, рекомендуемая для возделывания сельскохозяйственных культур в зоне Оренбургского Предуралья.

Результаты исследования. Основными факторами, влияющими на урожайность и эффективность удобрений за годы исследований, были осадки и температурный режим воздуха в вегетационный период. По данным Оренбургского гидрометцентра, среднемноголетнее количество осадков за сельскохозяйственный год составляло 367 мм, за вегетационный период – 155 мм, температура воздуха – 4,5 и 19,1 °С соответственно.

За вегетационный период сельскохозяйственных культур в среднем за пять ротаций зернопарового севооборота (1990–2018 гг.) выпало 142 мм атмосферных осадков, или 91,6 % от среднемноголетней нормы, равной 155 мм, температура воздуха составила 19,2 °С при одинаковой средней норме, равной 19,1 °С (табл. 1). Максимальная температура 20,8 °С наблюдалась в четвёртой ротации севооборота, наибольшее количество осадков – 167 мм – выпало в первой ротации.

По показателям погодных факторов рассчитывались гидротермический коэффициент и засушливость, которые выражались в единицах.

Период исследования характеризовался как очень засушливый по индексу Г.Т. Селянино-

ва (ГТК), который равнялся 0,57 ед. Слабой засушливости соответствует ГТК 1,0–1,3 ед., умеренной – 0,7–1,0, очень сильной – 0,4–0,7 и условиям пустыни – <0,4 ед.

За первую ротацию (1990–1995 гг.) шестипольного севооборота засушливость была умеренной. По остальным четырём ротациям и в среднем за пять ротаций она относилась к очень сильной.

За годы исследований из-за сильнейшей засухи урожай озимой ржи отсутствовал 2 года, озимой пшеницы – 6 лет, из них 3 года – от весенних заморозков. Из-за засухи урожай яровой твёрдой пшеницы отсутствовал 3 года, яровой мягкой – 1 год. В эти годы отмечалась низкая урожайность проса и ячменя (табл. 2). В связи с такими погодными условиями эффективность удобрений проявлялась не во все годы.

Кроме засухи, на урожайность оказывали влияние и такие факторы, как вид культуры, биологические их особенности, предшественники и т.д. Из 29 лет проведения опыта существенная прибавка зерна от применения удобрений в урожае озимой ржи отмечалась 14 лет, озимой пшеницы – 6, яровой твёрдой пшеницы – 7, яровой мягкой пшеницы – 11, ячменя – 18 и проса – 4 года.

В среднем за 29 лет прибавка зерна озимой ржи от удобрений составила 3,5 ц с 1 га, озимой пшеницы – 1,6, яровой твёрдой пшеницы – 0,2, яровой мягкой – 0,7, ячменя – 2,2 ц с 1 га. Просо снижало урожайность от удобрений на 1,1 ц с 1 га.

За последние 10 лет (2009–2018) 7 лет были очень сильно засушливыми, 2 года – сложились условия пустыни и 1 год – умеренная засушливость. Самой благоприятной для урожая зерновых культур была первая ротация с умеренной засушливостью, остальные ротации и в среднем за 5 лет относились к сильной засушливости. За 29 лет слабая засушливость (1,0–1,3) отмечалась 2 года, умеренная (0,7–1,0) – 7 лет, очень сильная (0,4–0,7) – 12 лет и условия пустыни (<0,4) – 8 лет.

Самая высокая урожайность зерновых культур наблюдалась в первой ротации зернопарового севооборота (табл. 3).

Наибольшая прибавка зерна от удобрений озимой ржи составляла 8,3 ц с 1 га во второй ротации, озимой пшеницы – 4,2 ц – в пятой, яровой твёрдой пшеницы – 1,1 ц – в четвёртой, яровой мягкой – 2,3 ц – в первой, проса – 0,5 – в пятой и ячменя – 5,3 ц с 1 га – во второй ротации. В этих ротациях годы были благоприятными для применения удобрений под зерновые культуры. Максимальная прибавка зерна озимой ржи от удобрений составляла 27 ц с 1 га и озимой пшеницы – 12 ц в 1999 г., яровой твёрдой пшеницы – 3 ц в 1993 г., яровой мягкой – 5 ц в 2011 г., проса – 2 ц в 1997 г. и ячменя – 9 ц в 1997 и 2000 гг.

Наибольшее снижение урожайности от удобрений отмечалось у озимой ржи – 11 ц с 1 га в 1990 г., озимой пшеницы – 6 ц в 2003 г., яровой твёрдой пшеницы – 3 ц в 1994 и 1997 гг., яровой мягкой – 3 ц в 2009 г., проса – 7 ц в 2000 г. и ячменя – 2 ц с 1 га в засушливых 2014 и 2018 гг.

Одной из причин низкой эффективности удобрений и даже снижения урожайности озимых культур по чёрному кулискому пару в отдельные годы являлось избыточное накопление нитратного азота в паровом поле и, как следствие, нарушение соотношения между азотом и фосфором, что приводило к наибольшей массе соломы.

Реакция проса на удобрение во многие годы была отрицательной и проявлялась в отсутствии зерна в метёлке, или в так называемом «пыше», в связи с биологической его особенностью и с избыточным содержанием нитратного азота в почве.

Несмотря на низкую эффективность удобрений за годы исследований, они играли существенную роль в борьбе с засухой (табл. 4). Такое положение в первую очередь относится к озимой ржи и озимой пшенице, которые при очень сильной засушливости были подвержены засухе на удобренном фоне всего 2 года и 6 лет, на неудобренном – 16 и 8 лет соответственно. Более

1. Метеорологические условия для формирования урожайности сельскохозяйственных культур по ротациям зернопарового севооборота

Ротация, годы	Вегетационный период (май – август)			
	температура воздуха, °С	осадки, мм	ГТК, ед.	засушливость, ед.
Первая (1990–1995)	18,6	167	0,72	0,7–1,0
Вторая (1996–2001)	19,7	148	0,56	0,4–0,7
Третья (2002–2007)	19,3	147	0,56	0,4–0,7
Четвёртая (2008–2013)	20,8	123	0,55	0,4–0,7
Пятая (2014–2018)	17,7	124	0,47	0,4–0,7
Среднее за пять ротаций	19,2	142	0,57	0,4–0,7
Среднегодовалый показатель	19,1	155	0,59	0,4–0,7

Примечание: в пятой ротации севооборота представлены данные за 5 лет; средние данные по температуре воздуха и осадкам представлены по данным Оренбургского гидрометцентра.

устойчивой к засухе была и озимая пшеница: при засушливости, соответствующей условиям пустыни, на удобренном и неудобренном фонах она была подвержена засухе всего 1 и 2 года соответственно.

В результате неблагоприятных погодных условий во многие годы во второй половине лета и в силу биологической особенности просо, как самая засухоустойчивая культура, было подвержено засухе 10 лет на удобренном фоне,

2. Урожайность зерновых культур в зависимости от фона минерального питания в зернопаровом севообороте, ц с 1 га

Год	Культура						засушливость
	озимая рожь	озимая пшеница	яровая твёрдая пшеница	просо	яровая мягкая пшеница	ячмень	
1990	36/47	40/44	29/27	42/47	27/22	35/30	0,7–1,0
1991	36/38	19/24	12/13	14/19	6/8	14/15	<0,4
1992	43/47	26/29	7/8	28/27	18/18	40/40	0,4–0,7
1993	39/41	43/40	40/37	20/22	25/22	15/13	0,4–0,7
1994	17/17	24/22	35/38	26/27	25/22	23/19	1,0–1,3
1995	25/27	–	5/7	15/16	6/7	4/3	<0,4
1996	19/13	–	13/13	14/15	12/10	24/21	<0,4
1997	16/15	8/10	22/25	38/36	24/25	39/30	0,7–1,0
1998	–	–	2/2	5/6	4/4	8/6	<0,4
1999	41/14	20/8	9/10	9/9	9/8	26/22	0,4–0,7
2000	30/21	12/12	5/3	19/26	8/9	31/22	1,0–1,3
2001	35/28	30/30	7/6	12/12	8/7	21/16	<0,4
2002	14/11	26/14	8/9	4/7	12/10	23/18	<0,4
2003	43/35	25/31	20/17	18/21	5/5	23/18	0,7–1,0
2004	19/18	11/10	2/1	2/2	5/5	15/14	0,4–0,7
2005	–	–	–	4/6	4/5	6/5	0,4–0,7
2006	24/26	6/3	–	8/12	2/3	4/7	0,7–1,0
2007	30/25	16/6	8/6	11/10	6/5	14/12	0,7–1,0
2008	32/27	18/15	18/17	11/9	17/13	22/17	0,7–1,0
2009	33/27	24/25	18/18	8/10	14/17	14/12	0,4–0,7
2010	12/16	6/3	–	1/1	–	2/2	<0,4
2011	27/15	–	22/19	12/12	21/16	23/19	0,4–0,7
2012	16/15	17/16	8/8	7/6	9/6	6/8	0,4–0,7
2013	22/12	5/6	11/14	16/14	10/8	9/10	0,7–1,0
2014	18/19	19/12	1/1	12/11	7/7	7/9	0,4–0,7
2015	15/14	–	6/6	7/12	1/0,6	3/2	0,4–0,7
2016	31/21	43/41	5/2	4/4	11/11	12/11	0,4–0,7
2017	27/16	27/18	20/19	4/4	18/19	32/27	0,4–0,7
2018	36/30	21/18	10/10	1/2	3/2	3/5	<0,4
1990–2018	25,4/21,9	16,9/15,3	11,4/11,2	12,6/13,7	10,8/10,1	17,0/14,8	очень сильная

Примечание (здесь и далее): слева от косой линии – удобренный фон, справа – неудобренный; под чёрный пар (до посева озимых культур) вносили P₈₀K₄₀ кг действующего вещества на 1 га, под паровые предшественники – N₄₀P₄₀ кг д.в. на 1 га.

3. Изменение урожайности сельскохозяйственных культур в зернопаровом севообороте в зависимости от ротации и фона минерального питания, ц с 1 га

Ротация, годы	Культура					
	озимая рожь	озимая пшеница	яровая твёрдая пшеница	просо	яровая мягкая пшеница	ячмень
Первая (1990–1995)	32,7/36,2	25,3/26,5	21,3/21,7	24,2/26,3	17,8/16,5	21,8/20,0
Вторая (1996–2001)	23,5/15,2	11,7/10,9	9,7/9,8	16,2/17,3	10,8/10,5	24,8/19,5
Третья (2002–2007)	21,7/19,2	14,0/10,7	6,3/5,5	7,8/9,7	5,7/5,5	14,2/12,3
Четвёртая (2008–2013)	23,7/18,7	11,7/10,8	12,8/12,7	9,2/8,7	11,8/10,0	12,7/11,3
Пятая (2014–2018)	25,4/20,0	22,0/17,8	7,0/6,3	5,6/5,6	8,0/8,0	11,4/10,8
1990–2018	25,4/21,9	16,9/15,3	11,4/11,2	12,6/13,7	10,8/10,1	17,0/14,8

Примечание: за пятую ротацию данные по урожайности приводятся за 5 лет.

4. Зависимость вида засушливости от урожайности зерновых культур и фона питания в зернопаровом севообороте за 1990–2018 гг.

Вид засушливости, ед.	Культура					
	озимая рожь	озимая пше- ница	яровая твёр- дая пшеница	просо	яровая мягкая пшеница	ячмень
Слабая (1,0–1,3)	13/6	4/5	2/2	2/2	-	5/3
Умеренная (0,7–1,0)	12/5	12/8	7/7	7/8	8/8	8/10
Очень сильная (0,4–0,7)	2/16	6/8	11/12	10/11	13/12	10/10
Условия пустыни (<0,4)	–	1/2	6/5	10/8	7/8	6/6

Примечание: градация по урожайности (ц с 1 га): слабая засушливость – 30–50, умеренная – 15–29, очень сильная – 6–14, условия пустыни – 1–5.

на неудобренном – 8 лет, но даже в условиях пустыни её урожайность достигала 5 ц с 1 га.

Ранние яровые зерновые культуры (яровая твёрдая, мягкая пшеница и ячмень) были во многие годы повреждены очень сильной засухой, их урожайность варьировала от 6 до 14 ц с 1 га, а в годы, когда засушливость приравнялась к условиям пустыни, – 1–5 ц с 1 га.

В среднем за годы исследований в связи с часто повторяющейся засухой эффективность удобрений во многом зависела от вида культуры севооборота. Самыми засухоустойчивыми и урожайными культурами в этих условиях оказались озимая рожь и ячмень.

Вывод. В результате проведённого исследования установлено, что эффективность минеральных удобрений на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья приводит к значительной прибавке урожайности озимых культур (рожь, пшеница) и ячменя в зернопаровом севообороте. По яровой твёрдой и мягкой пшенице в севообороте за пять ротаций отмечалось небольшое увеличение урожайности и снижение по просу от действия удобрений из-за их биологических особенностей и часто повторяющихся засух.

Таким образом, в сельскохозяйственном производстве рекомендуется при правильной агротехнике применять минеральные удобрения под основную обработку почвы в шестипольном зернопаровом севообороте, которые приведут к повышению выхода зерна и сбережению плодородия почвы в засушливых условиях Оренбургской области.

Литература

- Максютов Н.А., Жданов В.М., Лактионов О.В. Биологическое и ресурсосберегающее земледелие в степной зоне Южного Урала. Оренбург, 2008. 230 с.
- Максютов Н.А., Жданов В.М., Абдрашитов Р.Р. Повышение плодородия почвы, урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах степной зоны Южного Урала. Оренбург, 2012. 332 с.
- Отзывчивость культур на удобрения в зависимости от погодных условий, предшественников и фона питания на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / Н.А. Максютов, В.М. Жданов, В.Ю. Скороходов [и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 3. С. 131–137.
- Максютов Н.А., Зоров А.А. Эффективность возделывания озимой ржи и озимой пшеницы в условиях центральной зоны Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (62). С. 25–28.
- Максютов Н.А. Влияние предшественников на продуктивность яровой твёрдой пшеницы, усвоение осадков и весенние запасы влаги в почве на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала // Животноводство и кормопроизводство. 2018. № 2. С. 190–197.
- Плодородие почв Оренбургской области, использование и эффективность удобрений при возделывании полевых культур / А.В. Ряховский, И.А. Батулин, А.П. Березнев [и др.]. Оренбург: ОАО ИПК «Южный Урал», 2008. 252 с.
- Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р. Удобрение яровой твёрдой пшеницы и её урожайность в Оренбургском Предуралье // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 1. С. 53–57.
- Целуйко О.А., Медведева В.И. Зависимость массы 1000 зёрен сельскохозяйственных культур от удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 58–60.
- Елисеев В.И., Сандакова Г.Н. Влияние погодных факторов и минерального питания на формирование элементов структуры урожая яровой твёрдой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 27–29.
- Елисеев В.И., Сандакова Г.Н. Влияние погодных факторов и различных доз минеральных удобрений на формирование элементов структуры урожая яровой мягкой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (76). С. 37–39.
- Сандакова Г.Н., Елисеев В.И. Влияние погодных факторов и минерального питания на формирование массы 1000 зёрен яровой мягкой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3(77). С. 46–49.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1986. 351 с.

Максютов Николай Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник

Скороходов Виталий Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Митрофанов Дмитрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Кафтан Юрий Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Зенкова Наталья Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

Россия, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1

E-mail: maksyutov@mail.ru; skorohodov.vitali1975@mail.ru; dvm.80@mail.ru;
natalya.zenkova1977mail@mail.ru

The efficiency of fertilization on southern chernozems Orenburg Preduralye

Maksyutov Nikolay Alekseevich, Doctor of Agriculture, Professor, Chief Researcher
Skorokhodov Vitaliy Yuryevich, Candidate of Agriculture, Leading Researcher
Mitrofanov Dmitry Vladimirovich, Candidate of Agriculture, Leading Researcher
Kaftan Yuri Vasilievich, Candidate of Agriculture, Leading Researcher
Zenkova Natalya Anatolyevna, Candidate of Agriculture, Senior Researcher
Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences
27/1, Gagarin Ave., Orenburg, 460051, Russia
E-mail: maksyutov@mail.ru; skorohodov.vitali1975@mail.ru; dvm.80@mail.ru;
natalya.zenkova1977mail@mail.ru

Research has been conducted on the basis of many years of stationary experience in crop rotation and permanent sowing of agricultural crops on two nutritional backgrounds since 1990 in the former OPKh im. Kuibyshev of the Orenburg Scientific Research Institute of Agriculture. Research is carried out according to the method of field experience, generally accepted for a given zone when studying crop rotations. Agricultural technology is used on the experimental site, which is recommended for the central zone of the Orenburg region. The object of the study is a six-field grain-fallow crop rotation (black en-echelon steam – winter rye, wheat – spring durum wheat – millet – spring soft wheat – barley). For twenty-nine years of research, the yield of winter rye against a fertilized background was 25.4 centners, unfertilized – 21.9 centners, winter wheat – 16.9 and 15.3 centners, spring durum wheat – 11.4 and 11.2 centners, millet – 12.6 and 13.7 centners, spring soft wheat – 10.8 and 10.1 centners, barley – 17.0 and 14.8 centners per hectare, respectively. As a result of the study, it was found that the effectiveness of mineral fertilizers on the chernozems of the southern Orenburg Cis-Urals leads to a significant increase in the yield of winter crops (rye, wheat) and barley in the grain-fallow crop rotation.

Key words: culture, fertilization, precipitation, air temperature, drought, aridity, productivity.