

Влияние погодных условий и минеральных удобрений на урожайность культур в зернопаропропашных севооборотах на территории Оренбургской области*

Ю.В. Кафтан, *к.с.-х.н.*, **Д.В. Митрофанов**, *к.с.-х.н.*,
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

В связи с углублением специализации хозяйств и увеличением производства наиболее выгодных культур значительно сократилось количество хороших предшественников в полевых севооборотах. Однако при любой специализации севооборот остаётся одним из важных средств повышения урожайности. В засушливых условиях необходимо выявить культуры-предшественники, которые при минимальных затратах на агротехнику увеличивают продуктивность севооборотов в целом. Продук-

тивность севооборотов зависит от урожайности и чередования культур. В условиях засухи правильный севооборот является основой получения качественных кормов. Ведение интенсивного земледелия в условиях засухи зачастую не окупается прибавками урожая. В связи с повышенным спросом на отдельные культуры разработанные научными учреждениями севообороты с длиной ротацией в настоящее время менее востребованы. Длина ротации севооборотов в зависимости от землепользования может составлять четыре поля [1, 2].

Севообороты с небольшим набором культур при получении растениеводческой продукции наи-

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

более эффективны в производстве [3]. Основным элементом полевых севооборотов в Оренбургской области являются чёрные, сидеральные и почвозащитные пары, которые в зависимости от почвенно-климатических условий используются под яровую пшеницу [4, 5].

Изучение севооборотов с четырёхлетней ротацией обосновано недостаточным исследованием по этому вопросу на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья. В связи с этим возникла необходимость провести эксперимент по выявлению наиболее урожайных культур в различных четырёхпольных севооборотах для сельскохозяйственного производства.

Материал и методы исследования. Исследования проводили с 2006 по 2017 г. на многолетнем стационарном участке по севооборотам Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, заложенном в 1988 г.

Территория землепользования входит в состав Оренбургского административного района и расположена в 6 км восточнее г. Оренбурга. Почва опытного участка – чернозём южный карбонатный среднетяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном (0–30 см) слое 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 и обменного калия – 30–38 мг на 100 г почвы, рН почвенного раствора – 7,0–8,1.

Исследование проводили согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова [6]. Полевой опыт закладывали на двух фонах питания (удобренном и неудобренном). Под непаровые предшественники на одной половине поперёк делянок под основную обработку вносили аммофос в дозе по 40 кг азота и фосфора действующего вещества на 1 га, под чёрный кулисный пар (посев кулис из подсолнечника) применяли двойной суперфосфат и калийную соль с нормой фосфора 80 кг, калия 40 кг д.в. на 1 га. В сидеральном пару в качестве зелёного удобрения использовали сидераты (овёс + горох). В почвозащитном пару высевали суданскую траву и убирали её на зелёный корм. На второй части делянок удобрения не вносили. Повторность опыта четырёхкратная, размер делянки первого порядка – 14,4 м × 90, второго порядка – 3,6 м × 90. Длина делянок удобренного фона питания составляла 30 м, неудобренного – 60 м. Схема опыта включала три варианта севооборотов: I – пар чёрный кулисный – яровая твёрдая пшеница – яровая мягкая пшеница – кукуруза на силос (контроль); II – пар сидеральный – яровая твёрдая пшеница – яровая мягкая пшеница – кукуруза на силос; III – пар почвозащитный – яровая твёрдая пшеница – яровая мягкая пшеница – кукуруза на силос. В опыте применялись следующие сорта и гибриды: яровая твёрдая пшеница Оренбургская 10, яровая мягкая пшеница – Учитель, кукуруза – РОСС197АМВ, суданская трава – Бродская 2,

овёс – Астор, горох – Флагман 12, подсолнечник – Саратовский 85. Норма высева изучаемых культур составляла: яровая твёрдая пшеница – 4,0, яровая мягкая пшеница – 4,5, суданская трава – 3,0, овёс – 3,5–4,0, горох – 0,5–0,6 млн шт. всхожих семян на 1 га, подсолнечник – 50–60 и кукуруза на силос – 50 тыс. шт. всхожих семян на 1 га. На опытных делянках урожай зерна учитывали прямым комбайнированием. Учётная площадь для зерновых культур на удобренном фоне составляла 60 м², на неудобренном – 120 м². Учёт урожая зелёной массы кукурузы проводили вручную методом пробных площадок на площади 42 м².

Результаты исследования. Результаты за 2006–2017 гг. исследования показали, что большую роль в формировании урожайности играют сложившиеся за вегетационный период погодные условия. По данным Оренбургского гидрометцентра за вегетационный период изучаемых культур в среднем за годы исследования выпало 125 мм осадков, или 80,6% от средней многолетней нормы 155 мм, температура воздуха составила 20,8°C при норме 19,1°C, отмечено 70 суховейных дней. Так, 2006 г. был засушливым, ГТК составил 0,63 ед. В этом году отклонение от среднеемноголетней нормы осадков (155 мм) составляло 3,8% и от температуры воздуха (19,1°C) – 1,9°C. За этот период насчитывалось 45 суховейных дней. Такие погодные условия негативно сказались на росте и развитии культурных растений, особенно на урожайности яровой твёрдой пшеницы, которая полностью отсутствовала. Такая же ситуация наблюдалась в острозасушливом 2010 г. при ГТК=0,15 ед. Средняя температура воздуха за вегетационный период превышала на 4,5°C среднеемноголетний показатель, составив +23,6°C. Вегетационный период 2010 г. сопровождался 104 суховейными днями при выпадении 47 мм осадков, что было равно 30,3% от среднеемноголетней нормы. В этом году посевы ранних яровых зерновых культур со слабой корневой системой полностью погибли, главная причина – интенсивное испарение почвенной влаги, особенно в пахотном слое почвы. Посевы кукурузы на силос в этих условиях не только выдержали засуху за счёт мощной корневой системы, но и сформировали наибольшую урожайность (выраженная в кормовых единицах) – от 2,51 до 3,12 т на удобренном фоне питания и от 2,38 до 2,68 т с 1 га на фоне без применения минеральных удобрений (табл.).

Наибольшая урожайность яровой твёрдой пшеницы по всем севооборотам отмечалась в 2011 и 2017 гг. Погодные условия в эти годы характеризовались как засушливые (ГТК составил 0,59 и 0,49 ед.). За период вегетации выпало 138 и 110 мм осадков, что на 17 и 45 мм, или 11 и 29%, было меньше среднеемноголетней нормы. Число засушливых дней составляло 59 и 44. За 12 лет исследования наибольшая урожайность яровой твёрдой пшеницы отмечалась на контроле –

Урожайность культур в зависимости от вида пара и фона минерального питания за 12 лет, т кормовых единиц с 1 га

Год	Вариант, схема опыта											
	I – пар чёрный кулисный (контроль)				II – пар сидеральный				III – пар почвозащитный			
	яровая твёрдая пшеница	яровая мягкая пшеница	кукуруза	НСР ₀₀₅ А	яровая твёрдая пшеница	яровая мягкая пшеница	кукуруза	НСР ₀₀₅ А	яровая твёрдая пшеница	яровая мягкая пшеница	кукуруза	НСР ₀₀₅ А
2006	–	0,28 0,38	2,22 1,72	0,43	–	0,19 0,50	2,18 1,28	0,83	–	0,38 0,49	3,07 1,24	1,48
2007	1,12 1,16	1,60 1,10	2,02 2,82	0,85	1,34 1,10	1,52 1,38	2,14 2,22	0,22	1,13 0,95	1,35 1,61	2,06 2,73	0,58
2008	2,22 2,12	2,11 1,48	2,25 2,42	0,55	2,10 1,62	2,01 1,33	2,78 2,90	0,60	2,39 1,79	1,69 1,40	2,44 2,47	0,47
2009	2,22 2,26	2,00 2,09	2,62 2,05	0,49	1,91 2,05	1,78 1,77	2,59 2,18	0,37	1,71 1,72	2,44 2,37	2,45 1,97	0,36
2010	–	–	3,12 2,38	0,59	–	–	2,82 2,68	0,11	–	–	2,51 2,56	0,04
2011	2,42 2,85	2,20 2,12	1,76 3,97	1,69	1,71 1,64	1,79 1,84	2,64 2,40	0,20	1,41 1,84	2,14 2,00	2,26 3,73	1,15
2012	1,02 1,02	0,95 0,99	2,56 2,60	0,04	1,14 0,90	1,15 0,91	2,53 2,65	0,28	1,04 1,31	0,88 0,87	2,39 2,52	0,21
2013	1,38 1,00	1,35 1,15	3,15 2,46	0,46	1,33 1,04	1,33 1,04	3,13 2,37	0,50	1,24 0,95	1,25 1,14	3,15 2,50	0,45
2014	0,15 0,16	0,84 0,95	2,33 2,23	0,14	0,91 0,83	0,91 0,83	2,58 2,22	0,25	0,17 0,19	0,83 0,83	2,23 2,36	0,10
2015	0,82 0,71	1,15 0,77	1,43 1,40	0,27	0,20 0,18	0,90 0,64	1,40 1,17	0,22	0,25 0,19	0,10 0,08	1,67 1,29	0,28
2016	0,61 0,24	1,45 1,37	1,81 1,37	0,34	0,65 0,27	1,35 1,28	1,95 1,46	0,37	0,83 0,36	1,51 1,32	1,78 1,40	0,33
2017	2,54 2,44	2,30 2,47	1,22 1,21	0,18	2,21 2,55	2,29 2,55	1,20 1,25	0,26	2,72 2,68	2,53 2,59	2,84 2,78	0,15
Среднее	1,45 1,40	1,48 1,35	2,21 2,22	0,50	1,35 1,22	1,38 1,28	2,33 2,07	0,35	1,29 1,20	1,37 1,42	2,40 2,28	0,12

Примечание: над чертой – удобренный, под чертой – неудобренный фон; НСР₀₀₅ по фактору А-удобрение

1,45 на удобренном и 1,40 т кормовых единиц с 1 га на неудобренном фоне питания. На этом варианте за время парования чёрный кулисный пар накапливал и сохранял продуктивную влагу, что благоприятно сказалось на формировании урожайности яровой твёрдой пшеницы. Средняя урожайность этой культуры за 12 лет исследования по почвозащитному и по сидеральному парам была ниже, чем по чёрному. Этот факт объясняется небольшим содержанием почвенной влаги, которая используется парозанимающими культурами на формирование зелёной массы суданской травы и сидератов в почвозащитном и сидеральном пару.

В результате эксперимента наблюдалась максимальная урожайность яровой мягкой пшеницы в 2017 г., которая составляла 2,30 т на удобренном и 2,47 т на неудобренном фоне питания по чёрному кулисному пару, 2,29 т и 2,55 т – по сидеральному, 2,53 т и 2,59 т корм. ед. на 1 га – по почвозащитному пару. В 2006 г. отмечалась невысокая урожайность яровой мягкой пшеницы, составив от 0,28 до 0,38 т на удобренных и от 0,38 до 0,50 т с 1 га на неудобренных фонах питания. В другие годы исследования урожайность яровой мягкой пшеницы в последствии всех видов паров снизилась. В среднем за годы эксперимента наибольшая урожайность яровой мягкой пшеницы на

двух фонах питания отмечалась в последствии чёрного и почвозащитного паров по сравнению с сидеральным. Последствие паров в течение двух ротаций севооборотов состоит в том, что в почве после уборки яровой твёрдой пшеницы по чёрному и почвозащитному парам сохраняется большее количество продуктивной влаги, что положительно влияет на формирование урожайности последующих культур. Реакция яровой пшеницы на минеральные удобрения была различна, но эффект от их применения отмечен только по отдельным годам эксперимента. По всем вариантам исследования яровой пшеницы наблюдалась значительная прибавка её урожайности во влажные 2007 и 2008 гг., которая составляла от 0,10 до 0,68 т с 1 га. Невысокая урожайность яровой твёрдой и мягкой пшеницы в различные годы объясняется неблагоприятными погодными условиями вегетационного периода.

Наибольшая урожайность кукурузы на силос получена в 2011 и 2013 гг. по всем трём севооборотам. Осадки и температура воздуха являются благоприятными факторами, влияющими на урожайность кукурузы на силос. Во влажном 2013 г. при ГТК=0,82 за весенне-летний период выпало 216 мм осадков, оптимальная температура воздуха была равна 20,6°С, что благоприятно отразилось на

росте и развитии кормовой культуры (кукурузы) с применением минеральных удобрений. Большой эффект от удобрений наблюдался во влажном 2013 г. по всем вариантам, прибавка кормовой продукции составляла от 0,65 до 0,76 т с 1 га. На удобренном фоне питания урожайность кукурузы на силос достигла 3,15 т, на неудобренном — 2,46 т по чёрному кулискому пару, 3,13 и 2,37 т — по сидеральному и 3,15 и 2,50 т корм. ед. с 1 га — по почвозащитному пару соответственно. Во влажные 2007, 2008 и в засушливые 2010, 2011, 2012, 2014 и 2017 гг. отмечалось увеличение урожайности кукурузы на обычном фоне питания и снижение её на удобренном в некоторых вариантах, что объясняется повышенной температурой почвы в посевах кукурузы и в связи с этим слабым усвоением минеральных удобрений в засушливый вегетационный период. За период исследования урожайность зелёной массы кукурузы на двух фонах питания в последствии чёрного и сидерального паров была ниже, чем в последствии почвозащитного, что связано с наибольшей засорённостью посевов.

Проведённая нами математическая обработка многолетних данных урожайности сельскохозяйственных культур с помощью дисперсионного анализа однофакторного опыта позволила установить по фактору А-удобрение ($НСР_{005}=1,48$) в III варианте исследования в 2006 г. существенную разницу между II вариантом и контролем. В остальные годы исследования разница в показателях между вариантами эксперимента была несущественной. В засушливом 2006 г. отмечалось увеличение урожайности кукурузы на силос в почвозащитном севообороте на интенсивном фоне питания с прибавкой от применения удобрений 1,83 т корм. ед. с 1 га. Этот уровень урожайности объясняется положительным влиянием минеральных удобрений на рост и развитие кормовой культуры при выпадении 67 мм осадков в июле.

По результатам исследования в засушливых условиях Оренбургского Предуралья видно, что эффективность минеральных удобрений зависит от увлажнения и температурного режима почвы. Некоторые авторы считают, что применение удобрений под все возделываемые сельскохозяйственные культуры в различных севооборотах эффективно только во влажные годы [7–10]. Данное положение не подтверждается результатами проведённого нами исследования, так как во влажные вегетационные периоды у изучаемых культур наблюдалось отсутствие прибавки урожайности от удобрений за счёт повышенной концентрации минерального раствора в почве.

В эксперименте установлено, что повышение температуры воздуха в засушливые годы приводит к нагреванию верхнего слоя почвы, что сказывается отрицательно на усвояемости минеральных удобрений культурными растениями. В связи с этим наблюдалась незначительная прибавка выхода

кормовой продукции на всех вариантах исследования, кроме засушливого 2006 г.

Выводы. Результаты наблюдения в течение двенадцатилетнего периода показывают, что основными погодными факторами, влияющими на уровень урожайности сельскохозяйственных культур, являются выпавшие осадки, температура воздуха и суховейные дни вегетационного периода. Положительное действие и последствие на увеличение урожайности культур в севооборотах оказывали предшествующие возделываемые (чёрный и почвозащитный) пары. Во влажном 2008 и в засушливом 2006 гг. получена максимальная прибавка урожайности яровой твёрдой, мягкой пшеницы и кукурузы при применении минеральных удобрений на II и III вариантах опыта. Таким образом, необходимо вносить аммофос в определённой норме ($N_{40}P_{40}$ д.в. на 1 га) под эти культуры в сидеральном и почвозащитном севооборотах, так как достигается значительная прибавка кормовой продукции на удобренном фоне питания. Для хозяйств животноводческого направления, расположенных на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья, рекомендуется осваивать посеы яровой пшеницы и кукурузы в четырёхпольных зернопаропропашных севооборотах с чёрным (в связи с наибольшей урожайностью зерновых культур) и почвозащитным (в связи с увеличением кормовой продукции пропашной культуры) парами.

Литература

- Максютов Н.А., Жданов В.М., Зенкова Н.А. Оценка севооборотов и бессменных посевов сельскохозяйственных культур по продуктивности в степной зоне Южного Урала // Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в степной зоне Урала: матер. междунар. науч.-практич. конф. Оренбург, 2012. С. 84–89.
- Воскобулова Н.И., Будилов А.П. Продуктивность и экономическая эффективность возделывания зернофуражных культур в степной зоне Оренбургского Предуралья // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве. Оренбург, 2010. С. 286–289.
- Елисеев В.И., Сандакова Г.Н. Зависимость формирования элементов структуры урожая яровой твёрдой пшеницы от погодных факторов и минерального питания в условиях Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 27–29.
- Кислов А.В. Экономическая и энергетическая эффективность различных видов севооборотов // Сборник научных трудов. Оренбург, 2002. С. 61–67.
- Максютов Н.А., Кремер Г.А., Жданов В.М. Короткоротационные севообороты для хозяйств различных форм собственности // Проблемы земледелия, растениеводства и животноводства в степном регионе. Юбилейный выпуск трудов к 60-летию института, 1937–1997 гг. Оренбург, 1997. С. 122–138.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Аникович В.Ф., Надточий М.И., Кремер Г.А. Эффективность различных звеньев севооборотов на фоне минерального питания // Проблемы увеличения урожаев и повышение качества продукции в растениеводстве. Уфа, 1985. С. 116–216.
- Елисеев В.И. Влияние различных доз минеральных удобрений на показатели структурного анализа и урожайность яровой мягкой пшеницы // Животноводство и кормопроизводство. 2018. № 4 (101). С. 226–232.
- Аникович В.Ф. Севообороты на Южном Урале. Челябинск: Южн.-Урал. кн. изд-во, 1973. 229 с.
- Ряховский А.В. Минеральные удобрения // Сборник научных трудов. Оренбург, 2002. С. 202–216.