

## Урожайность сельскохозяйственных культур в условиях засухи степной зоны Южного Урала

*Н.А. Максютов, д.с.-х.н., профессор, А.А. Зоров, к.с.-х.н., В.Ю. Скороходов, к.с.-х.н., Д.В. Митрофанов, к.с.-х.н., Ю.В. Кафтан, к.с.-х.н., Н.А. Зенкова, к.с.-х.н., ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН*

За последние 29 лет (1990–2018 гг.) в районе исследования (центральная зона Оренбургской области) произошли существенные изменения климата в сравнении со среднемноголетними показателями, которые заключаются в потеплении зимнего периода на 3,5°C, в целом сельскохозяйственного года (сентябрь – август) – на 1,9°C, количество осадков увеличилось на 20 мм. Вегетационный период (май – август) по температурному режиму остался на уровне многолетней нормы, но с большими среднесуточными перепадами температуры воздуха, которая днём достигает 30°C и выше, ночью – 10–15°C и ниже. Такие изменения в погоде отрицательно сказываются на росте, развитии растений и формировании урожая. Климатические изменения обусловили появление нового типа засухи – холодная засуха, которая при наличии хороших запасов почвенной влаги и осадков, но при дефиците тепла приводит к резкому снижению урожая с.-х. культур. Кроме того, высокий температурный режим воздуха, особенно в июне и июле, увеличил число суховейных дней за последние годы. На основании многолетних исследований [1–6] в данной статье нами приводятся основные факторы, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях засухи.

**Материал и методы исследования.** Полевые опыты велись на базе многолетнего стационара с 1990 по 2018 гг. в бывшем ОПХ им. Куйбышева (п. Нежинка). В отличие от краткосрочных (3–4 года) исследований многолетнее охватывает всё многообразие погодных условий и даёт более объективные результаты.

Исследование проводили в системе 6-польного зернопарового севооборота на двух фонах питания. Под чёрные пары вносилось до 2001 г. 42 т на 1 га навоза и  $P_{80}K_{40}$  кг д.в., в последующие годы – только минеральные удобрения. Заделка удобрений проводилась после уборки предшественника отвальным способом на глубину 25–27 см. Под непаровые предшественники доза минеральных удобрений составляла  $N_{40}P_{40}$  кг д.в. на 1 га.

Методика исследования была общепринятая при изучении севооборотов [1]; агротехника – рекомендуемая для условий центральной зоны, где проводился опыт.

Почва опытного поля представлена чернозёмом южным карбонатным малогумусным тяжелосуглинистым, с содержанием гумуса в слое 0–30 см 3,2–4,0%, подвижного фосфора – 1,5–2,5 мг, обменного калия – 30–38 мг на 100 г почвы.

По данным Оренбургского Гидрометцентра среднемноголетние показатели за сельскохозяйственный год составляют: количество осадков – 367 мм, температура воздуха – 4,3°C, число дней с относительной влажностью 30% и ниже – 54. За вегетационный период (май – август) выпадает 155 мм осадков, температура воздуха составляет 19,1°C.

**Результаты исследования.** Основным показателем засухи является такой фактор, как степень снижения от неё урожайности с.-х. культур (табл. 1). Так, за 29 лет озимая рожь 2 года была подвержена сильнейшей засухе, озимая пшеница – 6 лет, яровая твёрдая пшеница – 3 года, яровая мягкая пшеница – 1 год [7]. За рассматриваемые годы посевы этих культур полностью погибли от засухи, а просо и ячмень сформировали очень низкий урожай.

Урожай озимой пшеницы отсутствовал в 1996, 2011, 2015 гг. по причине гибели от весенних заморозков.

В среднем за 1990–2018 гг. самая высокая урожайность озимой ржи на удобренном фоне составляла 25,4 ц, на неудобренном – 21,9 ц, озимой пшеницы – 16,9 и 15,3 ц, ячменя – 17,0 и 14,8 ц соответственно. Самая низкая урожайность отмечалась у яровой мягкой пшеницы – 10,8 и 8,3 ц с 1 га соответственно.

За годы исследования урожайность яровой твёрдой пшеницы по чёрному пару составляла на удобренном фоне 11,4 ц, неудобренном – 11,2, проса по непаровому предшественнику – соответственно 12,6 и 14,7 ц с 1 га. Минимальная прибавка зерна от удобрений получена 0,8 ц с 1 га, максимальная – 3,5 ц с 1 га. Эффекта от применения удобрения не было по яровой твёрдой пшенице, а по просу произошло даже снижение урожайности на 1,1 ц с 1 га. Основной причиной такого снижения является биологическая особенность этой культуры. Во многие годы просо плохо использует действия и хорошо последствия удобрений [8].

Озимая рожь, озимая и яровая твёрдая пшеница по чёрным кулисным парам в отдельные годы также снижали урожайность на удобренном фоне, но в связи с избыточным накоплением нитратного

азота и дисбалансом между азотом и фосфором.

Кроме удобрений, важными факторами, влияющими на урожайность с.-х. культур в условиях засухи, были температура воздуха, резкие среднесуточные её перепады, осадки, весенние запасы влаги в почве и т.д.

В значительной степени в засушливые годы на урожайность оказывала влияние активная ветровая деятельность, которая приводила к интенсивным физическим потерям влаги, особенно в весенний период. В связи с потеплением в зимний период создавались благоприятные условия для перезимовки вредителей и болезней сельхозкультур, которые наносили существенный ущерб урожаю в годы засухи.

За последние годы на частоту засух влияет и человеческий фактор, который заключается в появлении озоновых дыр, когда в ночное время низкая температура воздуха опускается из верхних слоёв атмосферы. Особенно это ощутимо в безветренную погоду. Кроме того, большие изменения произошли и в выпадении осадков, носящих ливневый характер, в основном в городских населённых пунктах и отсутствии их на сельскохозяйственных угодьях.

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

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

Примечание: слева – удобренный фон, справа – неудобренный; под чёрные пары вносили  $P_{80}K_{40}$  кг д.в. и до 2001 г. 42 т навоза на 1 га, под непаровые предшественники –  $N_{40}P_{40}$  кг д.в. на 1 га; озимые и яровая твёрдая пшеница возделывались по чёрному кулисному пару, остальные культуры – по непаровым предшественникам

Резкие среднесуточные перепады температуры приводили к существенному изменению атмосферного давления, влажности воздуха, что негативно влияло на рост и развитие растений, а также на здоровье человека. Все вышеперечисленные факторы имели место за годы нашего исследования, но особенно они участились за последние годы.

Основными показателями определения поражения с.-х. культур засухой являются осадки и температура воздуха [9], по которым рассчитываются гидротермический коэффициент (ГТК) и засушливость (табл. 2). В первую очередь на засушливость влияют осадки вегетационного периода. За 29 лет наибольшее их количество выпало в 2000 г. – 310 мм, ГТК был равен 1,2, а засушливость составляла 1,0–1,3 и относилась к слабой. Самые низкие эти показатели отмечены в 2010 г., составив соответственно 47 мм, 0,19 и 0,4 ед., при этом наиболее высокая температура воздуха была только 23,6°C, по среднемуголетней норме – 19,1°C [10].

2. Метеорологические условия, сложившиеся для формирования урожая сельскохозяйственных культур за 1990–2018 гг. (данные Оренбургского Гидрометцентра)

Год	Вегетационный период (май – август)			
	температура, °С	осадки, мм	ГТК	засушливость
1990	17,9	219	0,83	0,7–1,0
1991	20,0	72	0,27	<0,4
1992	17,0	177	0,67	0,4–0,7
1993	18,3	183	0,70	0,4–0,7
1994	17,1	275	1,1	1,0–1,3
1995	21,0	73	0,28	<0,4
1996	20,1	88	0,33	<0,4
1997	18,7	222	0,84	0,7–1,0
1998	21,8	57	0,22	<0,4
1999	19,5	124	0,47	0,4–0,7
2000	18,6	310	1,2	1,0–1,3
2001	19,4	85	0,32	<0,4
2002	17,1	86	0,33	<0,4
2003	18,4	229	0,87	0,7–1,0
2004	19,9	129	0,49	0,4–0,7
2005	20,2	114	0,43	0,4–0,7
2006	20,0	149	0,57	0,7–1,0
2007	20,2	177	0,67	0,7–1,0
2008	20,1	161	0,61	0,7–1,0
2009	19,8	130	0,49	0,4–0,7
2010	23,6	47	0,19	<0,4
2011	20,2	138	0,68	0,4–0,7
2012	23,0	94	0,40	0,4–0,7
2013	18,0	170	0,95	0,7–1,0
2014	17,6	104	0,40	0,4–0,7
2015	17,1	174	0,66	0,4–0,7
2016	18,8	111	0,42	0,4–0,7
2017	17,6	126	0,48	0,4–0,7
2018	17,6	104	0,39	<0,4
1990–2018 гг.	19,2	142,3	0,56	очень сильная

Примечание: 1,0–1,3 – слабая засушливость; 0,7–1,0 – умеренная; 0,4–0,7 – очень сильная; <0,4 – условия пустыни. Гидротермический коэффициент и засушливость рассчитаны по Г.Т. Селянинову

За 29 лет слабая засушливость (1,0–1,3) отмечалась дважды – в 1994 и 2000 гг., умеренная (0,7–1,0) – 7 лет (1990, 1997, 2003, 2006–2008 и 2013 гг.), очень сильная засуха (0,4–0,7) – 12 лет (1992–1993, 1999, 2004–2005, 2009, 2011, 2012, 2014–2017 гг.) и условия пустыни (<0,4) – 8 лет (1991, 1995, 1996, 1998, 2001–2002, 2010, 2018 гг.).

За последние 10 лет засуха отмечалась почти каждый год, начиная с 2009 г., очень сильная засуха наблюдалась 7 лет, 2 года были условия пустыни и только один год по засушливости был умеренным.

За годы исследования реакция зерновых культур на засуху была неоднозначной и зависела от их биологических особенностей (табл. 3). Самой устойчивой культурой к засухе оказалась озимая рожь, её урожайность от 30 до 50 ц с 1 га на удобренном фоне составляла 13 лет, на неудобренном – 6 лет, тогда как урожайность озимой пшеницы – соответственно 4 и 5 лет, яровой твёрдой пшеницы и проса – по 2 года, ячменя – 5 и 3 года. Урожайность яровой мягкой пшеницы за годы исследования не достигала уровня 30 ц с 1 га.

Неоднозначной была реакция на засуху даже сортов яровой твёрдой пшеницы. В резко засушливом 2014 г. при экологическом испытании сортов Харьковской и Оренбургской селекций урожайность составляла 2–3 ц с 1 га, тогда как сорта Самарской селекции оказались жароустойчивыми и показали урожайность 15–20 ц с 1 га.

За годы исследования наиболее устойчивой к засухе является озимая рожь, особенно к очень сильной засушливости и условиям пустыни. Остальные культуры, в том числе озимая пшеница, были сильно подвержены этим видам засухи.

**Выводы**

1. Основными факторами, влияющими на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях засухи, являются изменившиеся погодные условия за последние 29 лет, которые сводятся к потеплению за с.-х. год и в зимний период, к резким среднесуточным перепадам температуры воздуха между дневными и ночными температурами. Такие перепады для роста и развития растений создают стрессовую ситуацию, а в отдельные годы даже приводят к гибели урожая.

Из всех факторов за последние годы температурному режиму воздуха отводится ведущее место, особенно в июне и июле, когда даже при хороших запасах почвенной влаги резко снижается урожайность.

2. Важную роль в усилении засухи за последние 10 лет (2009–2018 гг.) играет человеческий фактор. Негативные результаты деятельности человека заключаются в образовании озоновых дыр, активной ветровой деятельности и интенсивной потере влаги из почвы в весенний период, выпадении осадков в виде ливней, в основном в городских населённых пунктах и т.д.

### 3. Зависимость вида засушливости от урожайности зерновых культур и фона питания в зернопаровом севообороте за 1990–2018 годы

Вид засушливости, ед.	Культура					
	озимая рожь	озимая пшеница	яровая твёрдая пшеница	яровая мягкая пшеница	просо	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	8/8	7/8	8/10
Очень сильная (0,4–0,7)	2/16	6/8	11/12	13/12	10/11	10/10
Условия пустыни (<0,4)	–	1/2	6/5	7/8	10/8	6/6

Примечание: 1. Градация по урожайности, ц с 1 га: слабая засушливость – 30–50; умеренная засушливость – 15–29; очень сильная засушливость – 6–14; засушливость к условиям пустыни – 1–5. 2. Удобрённый фон – слева, неудобрённый – справа

3. Самой засухоустойчивой культурой является озимая рожь.

4. Отзывчивость сельхозкультур на минеральные удобрения не всегда эффективна, что проявляется даже в снижении урожайности. В засушливые годы, особенно с дефицитом почвенной влаги, эффект от удобрений отсутствует или незначительный.

Наиболее отзывчивой из яровых зерновых культур на удобрения за 29 лет опыта был ячмень, урожайность проса в связи с биологическими особенностями культуры в отдельные годы может снизиться до 7 ц с 1 га.

5. Основной оценкой засухи является её засушливость. В среднем за 1990–2018 гг. засушливость характеризовалась как очень сильная, за последние 10 лет она повторялась 7 лет, а 2 года относилась к условиям пустыни.

6. Реакция с.-х. культур на засуху показала, что наибольшую урожайность от 30 до 50 ц с 1 га (слабая засушливость – 1,0–1,3) демонстрировала озимая рожь на удобренном фоне 13 лет, неудобрённом – 6, озимая пшеница – 4 и 5 лет,

ячмень – 5 и 3, яровая твёрдая пшеница и просо – соответственно 2 и 2 года.

#### Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
2. Максютюв Н.А., Тихонов В.Е. Повышение устойчивости земледелия в условиях засухи. Земледелие. 1999. № 5. С. 26–27.
3. Максютюв Н.А., Жданов В.М. Уроки засухи в Оренбуржье // Земледелие. 2010. № 4. С. 3–4.
4. Максютюв Н.А., Жданов В.М. Засуха 2010 года и её последствия. Инновация и модернизация с.-х. производства в условиях меняющегося климата. Оренбург, 2011.
5. Максютюв Н.А., Скороходов В.Ю., Митрофанов Д.В. Засуха 2009–2010 годов в Оренбуржье // Научно-практический журнал Западно-Казахстанского аграрно-технологического университета им. Жангир хана. 2012. № 3. С. 20–24.
6. Максютюв Н.А. Засуха в Оренбуржье и её последствия // Земледелие. 2013. № 8. С. 15–16.
7. Максютюв Н.А. Типы засухи в Оренбуржье и меры борьбы с ней / Н.А. Максютюв, В.М. Жданов, Д.В. Митрофанов [и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 3. С. 121–123.
8. Максютюв 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.
9. Шульмейстер К.Г. Борьба с засухой и урожай. М.: Агропромиздат, 1988. 263 с.
10. Максютюв Н.А. Засуха и урожай / Н.А. Максютюв, А.А. Зоров, В.Ю. Скороходов [и др.] // Научное обеспечение инновационного развития с.-х. в условиях часто повторяющихся засух. Оренбург, 2017. С. 12–16.