

УДК 551.5

Основные особенности влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Республике Татарстан

А.Б. Мустафина

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия
aisylu.gimranova@yandex.ru*

Произведен анализ влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Республике Татарстан в период 1995–2017 гг., выявлена корреляционная связь урожайности зерновых культур с отдельными показателями температурно-влажностного режима. По методике В.М. Пасова рассчитана климатическая составляющая изменчивости урожаев зерновых культур, по которым в Республике Татарстан умеренно-устойчивые урожаи. Показано, что урожайность зерновых культур увеличивается, если в первую половину вегетационного периода выпадает достаточное количество осадков, и наоборот, высокие температуры воздуха в начале вегетационного периода приводят к снижению урожайности. Выявлена отрицательная зависимость между урожайностью зерновых культур и индексом засушливости Д.А. Педея.

Ключевые слова: урожайность зерновых культур, методика В.М. Пасова, температура воздуха, атмосферные осадки, засуха, индекс Педея

The main features of the influence of weather conditions on the productivity of grain crops in the Republic of Tatarstan

A.B. Mustafina

*Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia
aisylu.gimranova@yandex.ru*

The influence of weather conditions on the productivity of grain crops in the Republic of Tatarstan during 1995-2017 is analyzed. The correlation between the productivity of grain crops and some parameters of temperature and humidity conditions is found. The climatic component of variability of grain crop yields is calculated by the technique by V.M. Pasov according to which moderate and steady yields are observed in the Republic of Tatarstan. It is shown that the productivity of grain crops increases if enough rainfall is registered in the first half of the vegetation period, and, on the contrary, high air temperatures at the beginning of the vegetation period lead to the productivity reduction. The negative dependence between the productivity of grain crops and the Ped's aridity index is revealed.

Ключевые слова: productivity of grain crops, V.M. Pasov's technique, air temperature, precipitation, drought, Ped's aridity index

Введение

Глобальное изменение климата и его влияние на окружающую среду является одной из главных проблем XXI века. Это изменение требует обязательного учета при разработке стратегий и мероприятий, направленных на обеспечение устойчивой хозяйственной деятельности. Особое место занимает проблема бесперебойного функционирования сельского хозяйства – важнейшей отрасли экономики, наиболее климатически зависимой и уязвимой.

Возможности сельскохозяйственного производства обеспечивают агроклиматические ресурсы. В сельском хозяйстве учитываются следующие климатические условия: температура воздуха в вегетационный период, количество осадков в вегетационный период, годовая сумма осадков, продолжительность безморозного периода и т. д., формирующие агроклиматические ресурсы данной территории.

Продовольственная безопасность крупных регионов зависит от адаптационных мероприятий, учитывающих изменения агресурсов. В связи с этим чрезвычайно важно заранее предвидеть характер изменения климата, исследовать, оценить и прогнозировать отклик сельского хозяйства на них [1].

Погодные условия и динамика урожайности зерновых культур

Одним из важных показателей сельскохозяйственной отрасли является урожайность. Урожайность является качественным и комплексным показателем, оказывающим влияние на эффективность и финансовое состояние агроотрасли.

Исходным материалом для выполнения агроклиматических расчетов послужили данные реанализа Eca-Interim за период 1995–2017 гг. и данные по урожайности зерновых культур территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан за период 1995–2017 гг., согласно которым средняя урожайность зерновых культур по Татарстану составляет 26,8 ц/га. В 2001 г. урожайность составила 40,2 ц/га. Самая низкая урожайность зерновых культур наблюдалась в 2010 г. (10,4 ц/га) и 1998 году (11,5 ц/га).

Для характеристики интенсивности развития урожайности зерновых культур во времени используем базисные и цепные показатели, которые получаем сравнением уровней между собой: абсолютный прирост, коэффициент роста, темп роста, темп прироста, абсолютное значение 1 % прироста. Итоговый результат всех изменений в уровнях ряда от периода базисного уровня до конца рассматриваемого периода характеризуют базисные показатели, а цепные – интенсивность изменения уровня от одного периода к другому в пределах того промежутка времени, который исследуется.

Абсолютный прирост Δ_t показывает абсолютную величину увеличения (или уменьшения) уровня ряда y_t за определенный временной интервал и находится как разность уровней ряда [4]:

базисный прирост:

$$\Delta_t = y_t - y_0; \quad (1)$$

цепной прирост:

$$\Delta_t = y_t - y_{t-1}, \quad (2)$$

где y_t – уровень сравниваемого периода; y_{t-1} – уровень предыдущего сравниваемого периода; y_0 – уровень базисного периода.

Коэффициент роста находится отношением данного уровня к предыдущему или базисному, показывает относительную скорость изменения ряда. Коэффициент роста чаще называют темпом роста и выражают в процентах [4].

Темп роста k_t показывает, во сколько раз уровень y_t больше (меньше) сравниваемого уровня. Он находится по формуле:

базисный темп:

$$k_t = y_t / y_0; \quad (3)$$

цепной темп:

$$k_t = y_t / y_{t-1}. \quad (4)$$

Темп прироста T_t урожайности зерновых культур функционально связан с темпом роста и всегда выражается в процентах:

$$T_t = 100(k_t - 1). \quad (5)$$

Он показывает, на сколько процентов уровень y_t больше (меньше) уровня, взятого для сравнения.

Для исследования временных рядов целесообразно привлекать еще один показатель динамики – абсолютное значение одного процента прироста A_t , представляющий собой одну сотую часть базисного уровня, а также отношение абсолютного прироста к соответствующему темпу роста [4]:

$$A_t = \frac{\Delta_t}{T_t}. \quad (6)$$

Результаты расчета базисных и цепных показателей динамики урожайности зерновых культур представлены в табл. 1 и 2. Базисным берется 1995 год, так как он является начальной точкой исследуемого периода.

Таблица 1. Базисные показатели динамики урожайности зерновых культур (1995–2017 гг.)

Table 1. Basic indicators of dynamics of productivity of grain crops (1995–2017)

Год	Урожайность, ц/га	Абсолютный прирост, ц/га	Темп роста, %	Темп прироста, %
1995	16,4			
1996	26,2	9,8	159,76	59,76
1997	35,1	18,7	214,02	114,02
1998	11,5	-4,9	70,12	-29,88
1999	16,2	-0,2	98,78	-1,22
2000	31,4	15	191,46	91,46
2001	40,2	23,8	245,12	145,12
2002	35,2	18,8	214,63	114,63
2003	35,1	18,7	214,02	114,02
2004	27,7	11,3	168,90	68,90
2005	29	12,6	176,83	76,83
2006	26,9	10,5	164,02	64,02
2007	30,1	13,7	183,54	83,54
2008	33,8	17,4	206,10	106,10
2009	31,7	15,3	193,29	93,29
2010	10,4	-6	63,41	-36,59
2011	29,6	13,2	180,49	80,49
2012	22,5	6,1	137,20	37,20
2013	21,4	5	130,49	30,49
2014	21,6	5,2	131,71	31,71
2015	21,2	4,8	129,27	29,27
2016	25,9	9,5	157,93	57,93
2017	36,6	20,2	223,17	123,17

Примечание. Абсолютное содержание 1 % прироста в исследуемый период (1996–2017 гг.) составляет 0,164 ц/га.

Характер динамики урожайности выражает уровень улучшения культуры земледелия при одинаковых почвенно-климатических условиях. Важно отметить, что уровень земледелия зависит от практического использования достижений науки и техники. Таким образом, характер

развития урожайности сельскохозяйственной культуры является результатом изменения уровня культуры возделывания земли, вследствие которого происходят различные скачки в динамике, которые также тесно связаны с погодными условиями, различными от года к году.

Таблица 2. Цепные показатели динамики урожайности зерновых культур (1995–2017 гг.)

Table 2. Chain indicators of dynamics of productivity of grain crops (1995–2017)

Год	Урожайность, ц/га	Абсолютный прирост, ц/га	Темп роста, %	Темп прироста, %	Абсолютное содержание 1 % прироста, ц/га
1995	16,4				
1996	26,2	9,8	159,76	59,76	0,164
1997	35,1	8,9	133,97	33,97	0,262
1998	11,5	-23,6	32,76	-67,24	0,351
1999	16,2	4,7	140,87	40,87	0,115
2000	31,4	15,2	193,83	93,83	0,162
2001	40,2	8,8	128,03	28,03	0,314
2002	35,2	-5	87,56	-12,44	0,402
2003	35,1	-0,1	99,72	-0,28	0,352
2004	27,7	-7,4	78,92	-21,08	0,351
2005	29	1,3	104,69	4,69	0,277
2006	26,9	-2,1	92,76	-7,24	0,29
2007	30,1	3,2	111,90	11,90	0,269
2008	33,8	3,7	112,29	12,29	0,301
2009	31,7	-2,1	93,79	-6,21	0,338
2010	10,4	-21,3	32,81	-67,19	0,317
2011	29,6	19,2	284,62	184,62	0,104
2012	22,5	-7,1	76,01	-23,99	0,296
2013	21,4	-1,1	95,11	-4,89	0,225
2014	21,6	0,2	100,93	0,93	0,214
2015	21,2	-0,4	98,15	-1,85	0,216
2016	25,9	4,7	122,17	22,17	0,212
2017	36,6	10,7	141,31	41,31	0,259

По базисным показателям за весь анализируемый период урожайность зерновых культур увеличилась на 20,2 ц/га, или на 123,17%. По сравнению с 1995 г. в каждый последующий год, за исключением 1998, 1999, 2010 гг., урожайность зерновых культур была выше.

Результаты расчетов цепного прироста показывают непостоянную динамику урожайности зерновых культур в Республике Татарстан, т. е. за период 1995–2017 гг. урожайность то уменьшалась, то увеличивалась по сравнению с предыдущим годом.

Абсолютный прирост по базисному способу имел максимальное увеличение в 2001 г. (23,8 ц/га), когда увеличение валового сбора составило 145,12 %. Абсолютный прирост по цепному способу показывает, что максимальное увеличение было в 2011 г. по сравнению с предыдущим годом на 19,2 ц/га, т. е. увеличение валового сбора достигло 184,62 %.

Темп роста, рассчитанный базисным методом, свидетельствует о том, что в 2001 г. валовый сбор зерновых культур в Республике Татарстан составил 245,12 %, а в 2010 г. – 63,41 %. Темп роста по цепному способу характеризует, что наивысший валовый сбор был в 2011 г. – 284,62 %, наименьший в 1998 г. – 32,76 %.

Как известно, из-за влияния погодных условий от года к году меняется урожайность сельскохозяйственных культур. В.М. Пасов, изучая климатическую составляющую изменчивости урожаев зерновых культур, предложил формулу [3]:

$$C_m = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y\mathcal{E}_i - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (7)$$

где C_m – климатическая составляющая изменчивости урожаев; \bar{y} – средняя многолетняя урожайность; y_i – урожайность конкретного года; $y\mathcal{E}_i$ – урожайность по тренду в конкретном году; n – продолжительность временного ряда урожайности.

Изменчивость урожайности зерновых культур определяется по следующей шкале:

- менее 0,20 – наиболее устойчивые урожаи;
- 0,21–0,30 – умеренно устойчивые урожаи;
- 0,31–0,40 – неустойчивые урожаи;
- более 0,40 – наиболее неустойчивые урожаи.

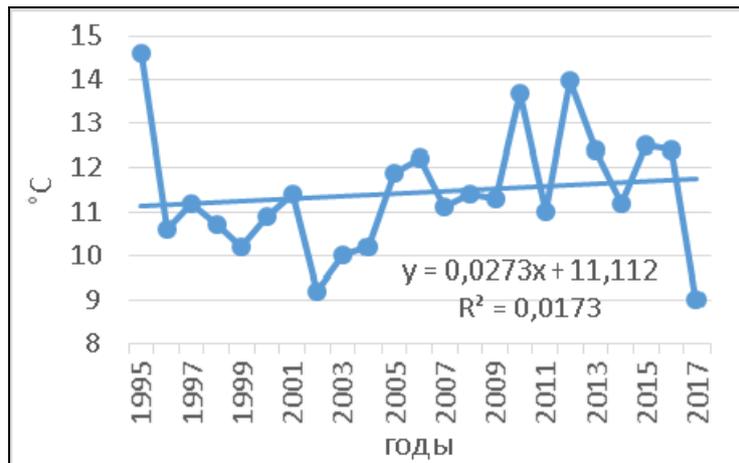
Показатель C_m равен 0,23, что говорит об умеренно устойчивых урожаях в Республике Татарстан.

Рассмотрены особенности изменения температурно-влажностных характеристик региона в период 1995–2017 гг. Значение средней температуры воздуха за апрель – июнь 1995–2017 гг. составляет 11,4 °С. Самая низкая средняя температура в первую половину вегетационного периода наблюдалась в 2017 г. (9,0 °С), а самая высокая – в 1995 г. (14,6 °С). Разброс температур больше 5 °С, межгодовая изменчивость равна 1,4 °С.

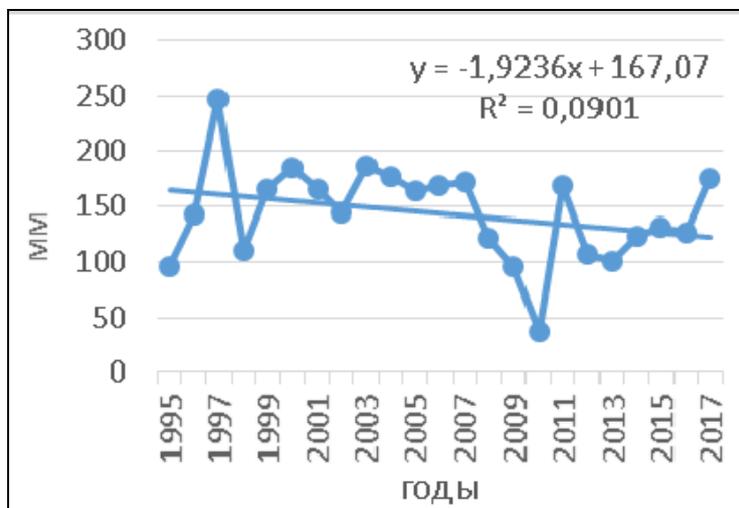
Среднегодовое количество атмосферных осадков в период 1995–2017 гг. на территории Республики Татарстан составляет 588 мм, с апреля по июнь выпадает 144 мм. Максимум осадков наблюдался в 1999 г.

(706,5 мм), минимум – в 2010 г. (425,7 мм), а за период апрель – июнь максимум наблюдался в 1997 г. (246,7 мм), минимум – также в 2010 году (36,8 мм) [2].

Динамика температуры воздуха и атмосферных осадков за апрель – июнь, т. е. за первую половину вегетационного периода, представлены на рис. 1.



а)



б)

Рис. 1. Межгодовые изменения температуры воздуха (а) и количества атмосферных осадков (б) за апрель–июнь 1995-2017 гг.

Fig. 1. Interannual temperature changes of air (a) and quantity of an atmospheric precipitation (б) for April-June 1995-2017.

Как видно из рис. 1, первая половина вегетационного периода характеризуется тенденцией повышения температуры воздуха и уменьшения количества атмосферных осадков, что может приводить к сокращению урожайности сельскохозяйственных культур.

Корреляционная связь между урожайностью зерновых культур и годовой суммой осадков оказалось незначимой, коэффициент корреляции равен 0,22 (статистически значимыми коэффициентами корреляции (при $p = 0,95$) считаются $|r| \geq 0,42$). Коэффициент корреляции урожайности с осадками за первую половину вегетационного периода (апрель – июнь) равен 0,64; с температурой за тот же период – -0,53, т. е. наибольшую роль в формировании урожая играет увлажненность в первую половину вегетационного периода. Если вегетационный период начинается высокими температурами, т. е. недостатком атмосферных осадков, урожайность снижается (коэффициент корреляции отрицательный).

Анализ рассчитанных значений индекса засушливости Педя для исследуемого периода свидетельствует также о наметившейся тенденции к увеличению засушливых условий и снижению увлажненности, что также необходимо учитывать в при долгосрочном планировании сельскохозяйственного производства (рис. 2).

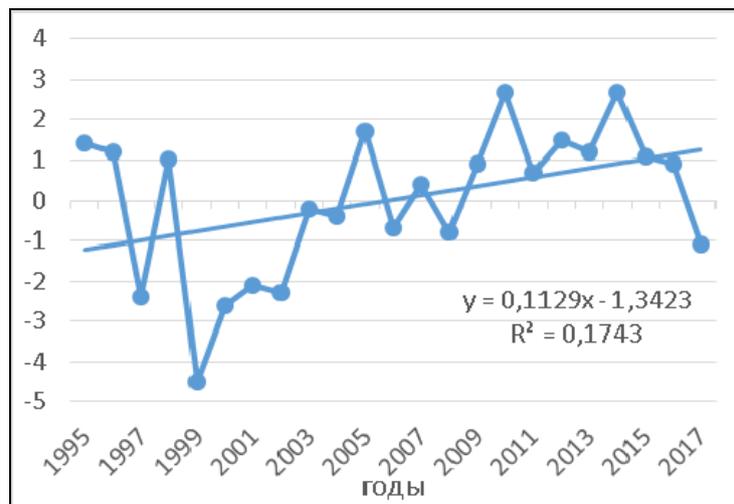


Рис. 2. Межгодовые изменения индекса Педя за май (1995–2017 гг.).
Fig. 2. Interannual changes of the Ped's index for May, (1995-2017).

Выявился отрицательный характер связи индекса Педя с урожайностью зерновых культур, что означает более низкую урожайность в засушливые годы. Однако связь значительная лишь для мая (-0,46) и июня (-0,77). В эти месяцы необходимо учитывать условия увлажненности, так как именно в мае и июне у зерновых сельскохозяйственных культур

интенсивно развивается корневая система, они накапливают вегетативную массу, а также в это время происходит колошение.

Сильное избыточное увлажнение было в мае 1999 г., индекс Педея оказался равным -4,5, урожайность данного года составила 16,2 ц/га. Месяц май 2000–2002 гг. был избыточно увлажненным (-2,6; -2,1; -2,3 соответственно), а июнь – близким к норме (-1,1; -1,2; -1,2 соответственно). Поэтому в 2000–2002 гг. наблюдалась самая высокая урожайность зерновых культур в Республике Татарстан.

В пределах нормы были индексы засушливости 1997, 2008, 2009 гг. в мае и июне, когда также собрали высокий урожай. В год экстремальной засухи (2010 г.) индекс Педея был выше 2: в мае – 2,7, июне 3,6, в связи с этим урожайность зерновых культур была самая низкая.

Заключение

Установлена существенная зависимость урожайности зерновых культур от атмосферных осадков и температуры воздуха в первую половину вегетационного периода. Выявлена тенденция повышения температуры воздуха и уменьшения количества атмосферных осадков, а также увеличения засушливых условий за период апрель – июнь, что является неблагоприятным для сельского хозяйства. Для снижения негативных последствий влияния засух необходимо принять комплекс мер по использованию систем орошения и новых засухоустойчивых сортов. Существенный прирост тепловых ресурсов дает возможность корректировки посевных площадей и увеличения разнообразия возделываемых сельскохозяйственных культур на территории Республики Татарстан.

Список литературы

1. Ермакова Л.Н., Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Современные изменения климатических и агрометеорологических характеристик в Пермском крае и возможные вариации продуктивности сельскохозяйственных культур // Вестник Удмуртского университета. Серия 6: Биология. Науки о Земле. 2013. Вып. 2. С.104-116.
2. Мустафина А.Б. Агрометеорологические условия Республики Татарстан // Вестник Удмуртского университета. Серия 6. Биология. Науки о Земле. 2018. Вып. 3. С. 120–126.
3. Пасов В.М. Изменчивость урожая и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 152 с.
4. Чичасов Г.Н. Численные методы обработки и анализа гидрометеорологической информации. М.: Боргес, 2013. 235 с.

References

1. Ermakova L. N., Shklyayev V. A., Shklayeva L. S. Modern changes of climate and agro-meteorological characteristics of the Perm region and the possible variation of productivity of agricultural crops. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 2013, no. 2, pp. 104-116. [in Russ.].

2. Mustafina A.B. Agroclimatic conditions of the Republic of Tatarstan. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 2018, vol. 28, no. 3, pp. 120-126. [in Russ.].

3. Pasov V. M. *Izmenchivost' urozhaev i otsenka ozhidaemoj produktivnosti zernovyh kul'tur*. Leningrad, Gidrometeoizdat publ., 1986, 152 p. [in Russ.].

4. Chichasov G. N. *Chislennye metody obrabotki i analiza gidrometeorologicheskoy informatsii*. Moscow, Borges publ., 2013, 235 p. [in Russ.].

Поступила в редакцию 04.02.2019 г.

Received by the editor 04.02.2019.