

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ

**Г. Я. Кривошеев**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;

**Н. А. Шевченко**, техник-исследователь лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, kckk-bass@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-5869-367X

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347730, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Корректировка селекционных программ, выбор оптимальной группы спелости зависят от почвенно-климатических условий, для которых создаются сорта и гибриды. Одним из важнейших показателей климатических условий считается гидротермический коэффициент (ГТК). Цель исследования – провести анализ влияния ГТК на урожайность зерна гибридов кукурузы различных групп спелости. Исследования выполнены в 2014–2019 гг. в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», расположенном в южной зоне Ростовской области, характеризующейся неустойчивым увлажнением. Объект исследований – 96 межлинейных гибридов кукурузы трех групп спелости: раннеспелой (FAO 150), среднеранней (FAO 200) и среднеспелой (FAO 300). Размещение вариантов в опыте – систематическое. Годы проведения исследований 2014 и 2018 оценены как засушливые (ГТК = 0,32–0,57); 2015–2017, 2019 – средне засушливые (ГТК = 0,58–0,89). ГТК, определенный только за весь период вегетации, не всегда позволяет объективно оценить условия выращивания. Необходимо более проработанный анализ ГТК по периодам (месяцам) вегетации. В среднем за годы исследования наибольшей урожайностью зерна отличались среднеспелые гибриды кукурузы (3,98 т/га), наименьшей – раннеспелые (3,31 т/га), промежуточное значение (3,80 т/га) имели среднеранние гибриды. Однако в разные годы максимальную урожайность зерна имели гибриды разных групп спелости, в том числе и раннеспелые, в зависимости от величины ГТК в различные периоды вегетации. Выявлены средние положительные коэффициенты корреляции между значениями ГТК и урожайностью зерна гибридов кукурузы ( $r = 0,64–0,74$ ). Использование в посевах гибридов кукурузы различных групп спелости позволит стабилизировать валовые сборы зерна кукурузы.

**Ключевые слова:** кукуруза, урожайность зерна, гидротермический коэффициент, группы спелости, сумма эффективных температур.

**Для цитирования:** Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А. Влияние гидротермического коэффициента на урожайность зерна гибридов кукурузы различных групп спелости // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2(68) С. 8–12. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-8-12.



## THE EFFECT OF HYDRO-THERMAL COEFFICIENT ON PRODUCTIVITY OF MAIZE HYBRIDS OF VARIOUS GROUPS OF RIPENESS

**G. Ya. Krivosheev**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;

**N. A. Shevchenko**, research technician of the laboratory for maize breeding and seed production, kckk-bass@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0001-5869-367X

Agricultural Research Center “Donskoy”,

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The improvement of the breeding programs, selection of the optimal group of ripeness depends on the soil and climatic conditions for which varieties and hybrids are developed. One of the most important indicators of climatic conditions is the hydrothermal coefficient (HTC). The purpose of the current study was to analyze the effect of HTC on the productivity of maize hybrids of various groups of ripeness. The studies were carried out in 2014–2019 at the Agricultural Research Center “Donskoy” located in the southern zone of the Rostov Region, characterized by unstable moisture. The objects of the study were 96 interlinear maize hybrids of three groups of ripeness, namely an early ripening group (FAO 150), a middle-early ripening group (FAO 200) and a middle ripening group (FAO 300). There was a systematic use of variants in the trials. The weather conditions of the years 2014 and 2018 could be estimated as arid (HTC = 0.32–0.57). The years 2015, 2016, 2017 and 2019 were of medium aridity (HTC = 0.58–0.89). The HTC determined only for the entire vegetation period did not allow estimating objectively the growing conditions. There has been required a more detailed analysis of the HTC for the periods (months) of vegetation. On average, over the years of study, the middle ripening maize hybrids were characterized with the largest grain productivity (3.98 t/ha). The early ripening maize hybrids were characterized with the smallest productivity (3.31 t/ha). The middle-early ripening hybrids were characterized with the average value (3.80 t/ha). However, in different years, the maximum grain yields were produced by the hybrids of various groups of ripeness, including by the early ripening varieties, that depended on the amount of HTC in different vegetation periods. There have been identified average positive correlation coefficients between the HTC values and maize hybrids' productivity ( $r = 0.64–0.74$ ). The use of maize hybrids of various groups of ripeness can stabilize the gross harvest of maize.

**Keywords:** maize, grain productivity, hydro-thermal coefficient (HTC), groups of ripeness, amount of efficient temperatures.

**Введение.** Стабилизация и развитие животноводческой отрасли – важнейшая задача АПК. Важным фактором ее решения является создание прочной кормовой базы, что невозможно без увеличения производства зерновой и силосной кукурузы (Сотченко, 2009). В последние годы происходит увеличение по-

севных площадей под кукурузой, причем как за счет расширения северной границы посевов, так и размещения в засушливых зонах.

Глобальное изменение климатических условий сопровождается усилением аридности климата, поэтому анализ основных климатических факторов мо-

жет быть полезен для корректирования селекционных программ, сосредоточения усилий на оптимальной группе спелости (Кривошеев и др., 2014). Для решения этих задач учитывают важнейшие климатические факторы – влагообеспеченность и температурный режим. Оценка увлажненности вегетационного периода по суммам осадков недостаточна для характеристики водных ресурсов территории. Необходимо учитывать испаряемость, которая зависит от прихода солнечной радиации и обусловленного этим температурного режима (Чирков, 1975). Г. Т. Селянинов (1966) предложил использовать универсальный показатель – гидротермический коэффициент – отношение суммы осадков за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С к сумме температур за тот же период, уменьшенной в 10 раз.

Цель исследования – проведение анализа влияния гидротермического коэффициента на урожайность зерна гибридов кукурузы различных групп спелости.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проведены на опытном поле лаборатории селекции и семеноводства кукурузы Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской»).

Климат континентальный, среднегодовое количество осадков составляет 582,4 мм, сумма ак-

тивных температур – 3200–3300 °С (Гриценко, 2005).

Почвенный покров опытного участка представлен обыкновенным карбонатным черноземом с содержанием гумуса в пахотном слое 3,6% (Алабушев и др., 2011).

В качестве объекта исследования служили 96 новых межлинейных гибридов кукурузы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» трех групп спелости: раннеспелой (ФАО 150), среднеранней (ФАО 200), среднеспелой (ФАО 300), которые были высеяны в трех питомниках.

Закладку опытов, наблюдения и учеты проводили согласно методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кукурузой (1980) и методике Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1979). Метод размещения гибридов в полевых условиях – систематический со смещением; учетная площадь делянки – 20 м<sup>2</sup>; повторность – четырехкратная. Агротехнические мероприятия проводили согласно зональной системе земледелия (2013). Статистическую обработку выполняли по Б. А. Доспехову (1985).

При анализе использовали данные метеостанции «Зерноград» за 2014–2019 гг.

**Результаты и их обсуждение.** Годы проведения эксперимента различались по количеству выпавших атмосферных осадков в период вегетации кукурузы (табл. 1).

### 1. Атмосферные осадки в период вегетации кукурузы, мм (2014–2019 гг.)

#### 1. Precipitations in the vegetation period of maize, mm (in 2014–2019)

Годы	Май	Июнь	Июль	Август	Итого
2014	59,2	71,9	19,6	7,7	158,4
2015	69,7	114,0	32,2	14,8	230,7
2016	156,8	23,8	32,8	28,8	242,2
2017	59,3	88,6	42,2	45,5	235,6
2018	12,7	4,2	71,7	4,8	93,4
2019	63,9	10,8	71,4	13,6	159,7
Среднее за 2014–2019	70,3	62,7	45,0	19,2	186,7

Наибольшее количество осадков (242,2 мм) выпало в 2016 г., наименьшее (93,4 мм) – в 2018 г. Все годы характеризовались неравномерностью выпадения осадков. В среднем наиболее влагообеспеченным оказался май (70,3 мм), самым засушливым – август (19,2 мм).

Годы исследований различались по температурному режиму. Сумма эффективных температур

за период вегетации кукурузы варьировала по годам от 2661 до 2877 °С. В среднем наиболее прохладным был май: среднемесячная температура воздуха – 15,9–19,4 °С; сумма эффективных температур – 489–601 °С. Самым жарким был август: среднемесячная температура воздуха – 23,4–26,0 °С; сумма эффективных температур – 726–848 °С (табл. 2).

### 2. Сумма эффективных температур в период вегетации кукурузы, °С (2014–2019 гг.)

#### 2. The amount of efficient temperatures in the vegetation period of maize, °C (in 2014–2019)

Годы	Май	Июнь	Июль	Август	Итого
2014	601	632	771	797	2801
2015	506	664	742	749	2661
2016	489	667	763	805	2724
2017	493	604	758	848	2703
2018	596	716	802	763	2877
2019	591	756	704	726	2777
Среднее за 2014–2019 гг.	546	673	757	781	2757

Средний за период вегетации ГТК по годам варьировал от 0,32 до 0,89. Наибольшие значения ГТК (0,87–0,89) отмечены в 2015–2017 гг., эти годы характеризуются как средне засушливые. Сильно засушли-

вые годы – 2014 и 2018, у которых ГТК за период вегетации кукурузы соответственно составил 0,57 и 0,32 (табл. 3).

**3. Гидротермический коэффициент в период вегетации кукурузы (2014–2019 гг.)**  
**3. Hydro-thermal coefficient in the vegetation period of maize (in 2014–2019)**

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Май – август
2014	0,98	1,14	0,25	0,10	0,57
2015	1,38	1,72	0,44	0,20	0,88
2016	3,21	0,36	0,43	0,36	0,89
2017	1,20	1,47	0,56	0,54	0,87
2018	0,21	0,06	0,89	0,06	0,32
2019	1,08	0,14	1,01	0,19	0,58

Учитывая неравномерность распределения осадков в течение вегетации, классифицировать годы по засушливости необходимо с учетом ГТК по периодам (месяцам). Так, в 2019 г. ГТК за вегетацию кукурузы составил 0,58, однако в связи с тем, что в июле в период максимального водопотребления растений кукурузы водный и температурный режимы были сравнительно благоприятными (ГТК = 1,01), этот год следует считать средне засушливым.

Урожайность зерна гибридов кукурузы зависела от величины гидротермического коэффициента. Максимальную урожайность (3,82–4,85 т/га) гибриды кукурузы формировали в 2015–2017 гг. с более высокими значениями ГТК (0,87–0,89). Исключение составил 2019 г., когда сравнительно высокая уро-

жайность зерна (4,10 т/га) получена при невысоком значении ГТК за период вегетации и высоком в июле. Следовательно, величина урожая зерна гибридов кукурузы зависит от того, какими будут водный и температурный режимы в течение всего периода вегетации, в том числе в различные фазы вегетации растений.

В связи с большой продолжительностью вегетационного периода и большей возможностью накапливать питательные вещества, в среднем за годы исследования самой высокой урожайностью зерна (3,98 т/га) отличались среднеспелые гибриды кукурузы, наименьшей – раннеспелые (3,31 т/га), промежуточное значение (3,80 т/га) имели среднеранние гибриды (табл. 4).

**4. Урожайность зерна гибридов кукурузы различных групп спелости (2014–2019 гг.)**  
**4. Grain productivity of maize hybrids of various groups of ripeness (in 2014–2019)**

Годы	Группы спелости			Среднее по группам
	раннеспелые	среднеранние	среднеспелые	
2014	2,43	2,05	2,03	2,11
2015	4,75	4,92	4,91	4,85
2016	2,49	3,75	4,31	3,82
2017	4,69	4,92	4,87	4,83
2018	1,78	2,88	3,34	2,70
2019	3,73	4,53	4,43	4,10
Среднее за 2014–2019	3,31	3,80	3,98	3,74

Вместе с тем в разные годы гибриды различных групп спелости имели преимущество в формировании более высокой урожайности. Так, в 2014 г. сравнительно высокие значения ГТК в мае – июне (0,98–1,14) и очень низкие значения в июле – августе (0,25–0,10) позволили получить преимущество раннеспелым гибридам по отношению к другим, поскольку раннеспелые гибриды более эффективно используют влагу в первой половине лета. В 2018 и 2019 гг. отсутствие эффективных осадков в июне (ГТК = 0,06–0,14) и обильное выпадение их в июле (ГТК = 0,89–1,01) дали преимущество среднеспелым гибридам. Высокие значения ГТК (1,20–1,47) в 2017 г. в первой половине вегетации и не очень сильное их снижение (до 0,54–0,56) во второй половине вегетации позволили

выделиться по урожаю зерна гибридам среднеранней группы спелости. Учитывая полученные результаты, гибриды всех групп спелости должны быть представлены в производстве на юге Ростовской области. Наличие в посевах гибридов кукурузы различных групп спелости позволит стабилизировать валовые сборы зерна.

Результаты корреляционного анализа подтверждают зависимость урожая зерна гибридов кукурузы различных групп спелости от ГТК (за вегетационный период): раннеспелая ( $r = 0,67$ ), среднеранняя ( $r = 0,64$ ) и среднеспелая ( $r = 0,67$ ). В среднем по всем группам спелости коэффициент корреляции составил 0,74 (табл. 5).

**5. Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и гидротермическим коэффициентом (2014–2019 гг.)**

**5. Correlation coefficients between grain productivity and hydro-thermal coefficients (2014–2019)**

Группы спелости	Месяцы				Период вегетации: май – август
	Май	Июнь	Июль	Август	
Раннеспелая	0,04	0,70	–0,06	0,56	0,67
Среднеранняя	0,25	0,36	0,20	0,64	0,67
Среднеспелая	0,33	0,21	0,27	0,64	0,64
Среднее по группам	0,31	0,42	0,11	0,69	0,74

Между урожайностью и ГТК по месяцам вегетации выявлена различная связь: средняя, отсутствовала или была слабой. Объясняется это крайне неравномерным распределением осадков в течение вегетации. Засушливые условия одного месяца вегетации частично компенсировались влагообеспеченными условиями других месяцев. Исключение составил август, когда между урожайностью и ГТК по всем

группам спелости получены средние положительные коэффициенты корреляции ( $r = 0,56-0,69$ ).

Следует отметить, что увеличение урожайности с возрастанием ГТК не было линейным, а имело более сложную зависимость. Тем не менее, как правило, в годы с более высокими значениями ГТК урожайность была выше (рис. 1).

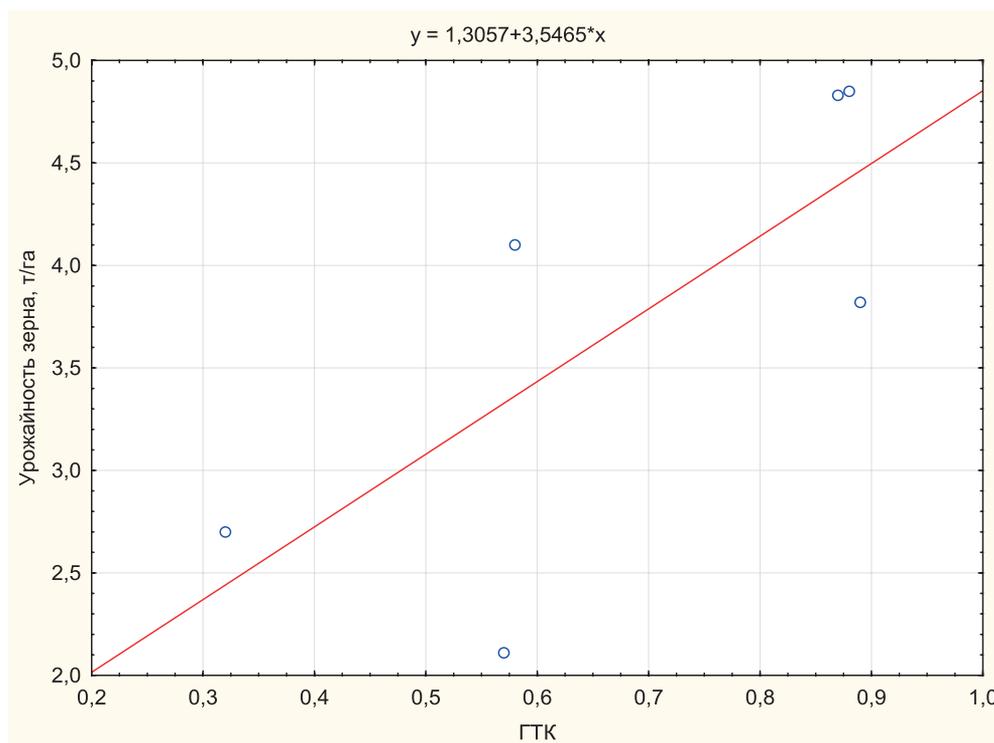


Рис. 1. Зависимость урожайности зерна гибридов кукурузы от ГТК за период вегетации (2014–2019 гг.)

Fig. 1. Correlation between productivity of maize hybrids and hydro-thermal coefficients during the vegetation period (2014–2019)

**Выводы.** Гидротермический коэффициент за вегетационный период оказывает влияние на формирование урожайности зерна всех групп спелости гибридов кукурузы ( $r = 0,63-0,74$ ). С увеличением ГТК урожайность возрастает.

Урожайность гибридов зависит не только от ГТК в целом за весь период вегетации, но и от ГТК в конкретные периоды (месяцы).

В среднем наиболее высокую урожайность зерна сформировали среднеспелые гибриды кукурузы

(3,92 т/га), наименьшую – раннеспелые (3,31 т/га), промежуточные значения имели среднеранние гибриды (3,80 т/га). Однако, в зависимости от величин ГТК в различные фазы вегетации, более высокая урожайность зерна получена в некоторые годы по раннеспелым или среднеранним гибридам. Наличие в посевах гибридов кукурузы различных групп спелости позволит стабилизировать валовые сборы зерна кукурузы.

#### Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Метлина Г. В., Васильченко С. А. Влияние удобрений на продуктивность сорго зернового в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2011. № 6. С. 49–52.
2. Гриценко А. А. Агрометеорологические условия в Зерноградском районе Ростовской области (1930–2002 годы). Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2005. 78 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. 416 с.
4. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч. III. Ростов н/Д., 2013. 376 с.
5. Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С., Буин Н. П. Изменение климатических условий в южной зоне Ростовской области в период вегетации кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2014. № 1. С. 44–50.
6. Кукуруза. Современная технология возделывания / под ред. академика РАСХН В. С. Сотченко. М.: РосАгроХим, 2009. 127 с.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1979. 240 с.
8. Селянинов Г. Т. Агроклиматическая карта мира. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 12 с.
9. Чирков Ю. И. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1975. С. 172–173.

#### References

1. Alabushev A. V., Metlina G. V., Vasil'chenko S. A. Vliyanie udobrenij na produktivnost' sorgo zernovogo v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti [The effect of fertilizers on the grain sorghum productivity in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2011. № 6. S. 49–52.

2. Gricenko A.A. Agrometeorologicheskie usloviya v Zernogradskom rajone Rostovskoj oblasti (1930–2002 gody) [Agrometeorological conditions in the Zernograd district of the Rostov region (1930–2002)]. Rostov n/D., ZAO "Kniga", 2005. 78 s.
3. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M., 1985. 416 s.
4. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013–2020 gody [Zonal farming systems of the Rostov region for 2013–2020]. Ch. III. Rostov n/D., 2013. 376 s.
5. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S., Buin N. P. Izmenenie klimaticheskih uslovij v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti v period vegetacii kukuruzy [Climate changes in the southern part of the Rostov region during the growing period of maize] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2014. № 1. S. 44–50.
6. Kukuruza. Sovremennaya tekhnologiya vozdel'yvaniya [Maize. Modern cultivation technology] / pod red. akademika RASKHN V. S. Sotchenko. M.: RosAgroHim, 2009. 127 s.
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of crops]. M.: Kolos, 1979. 240 s.
8. Selyaninov G. T. Agroklimaticheskaya karta mira [Agroclimatic world map]. L.: Gidrometeoizdat, 1966. 12 s.
9. Chirkov Yu. I. Osnovy sel'skohozyajstvennoj meteorologii [Fundamentals of Agricultural Meteorology]. L.: Gidrometeoizdat, 1975. S. 172–173.

Поступила: 26.12.19; принята к публикации: 20.01.20.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Кривошеев Г. Я. – концептуализация исследования, выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Шевченко Н. А. – выполнение полевых опытов, сбор и математическая обработка данных, подготовка рукописи, анализ данных и их интерпретация.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**