The paper presents the dynamics of beekeeping development, identifies factors that affect the sustainable development of the honey industry, and sets priorities for improving the efficiency of forest honey resources in the Republic of Bashkortostan, including the main honey producing plant *Tilia cordata* Mill. The study established that climatic conditions of the environment affect the growth of bee colonies, their physiological state, the composition and age of natural honey-bearing woody plants, the starting period and length of the flowering. Among the forest taxation indices the composition and age, the volume and type of forest most strongly influence the honey yield. The following arrangements

can improve availability and efficiency of the forest forage resources for honey bees: keeping an optimal number of bee colonies (up to 150 colonies) in one apiary, providing one bee colony of 50–60 thousand bees with at least 130 kg of nectar; placing stationary apiaries within a 3-kilometer zone of forests with honey producing trees, bearing in mind that the productive foraging area for bees is 2,5–3,0 km; establishing clear transhumance routs based on the geo-botanical inventory of forest and agricultural honey producing plants in the region; improving the nectar producing capacity in the apiary zones of linden forests.

© Мартынова М.В.

УДК 631.15

DOI: 10.31563/1684-7628-2020-54-2-44-50

М.М. Поскребышева, К.Р. Исмагилов

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ

Ключевые слова: кукуруза; рост и развитие растения; фенологические фазы; среднесуточная температура; сумма осадков.

Введение. Кукуруза – одна из важнейших зерновых культур в мире. Благодаря высокой потенциальной урожайности зерна и зеленой массы при низких материальных затратах на единицу готовой продукции эта культура стала основой кормовой базы для различных отраслей животноводства. В растениях кукурузы фотосинтез осуществляется по эффективному С4 пути [1]. Это физиологическая особенность кукурузы позволяет формировать высокую продуктивность и эффективное использование природных и материальных ресурсов растениеводства. В Республике Башкортостан кукуруза по зерновой технологии возделывается на сравнительно небольших площадях (10–20 тыс. га). Это в основном связано с агроклиматическими условиями республики, а именно небольшой теплообеспеченностью и коротким вегетационным периодом. Сумма активных температур воздуха за период с температурой выше 10 °С составляет 1700–2350 °С, продолжительность такого периода равна 120–145 дням [2]. В то же время создание и использование раннеспелых гибридов позволяют расширить возделывание кукурузы на зерно. Повышение урожайности кукурузы является одним из резервов увеличения объема производства зерна в Республике Башкортостан [3, 4, 5]. Формирование урожайности

кукурузы, как и других сельскохозяйственных культур, определяется темпами роста и развития ее растений. Это важнейшие жизненные процессы, которые лежат в основе формирования растения, его онтогенеза [6]. Процессы роста и развития каждого вида растения определены генетически. В то же время на их интенсивность и соответственно на время созревания семян воздействуют внешние условия. Они могут влиять на реализацию генетической информации и тем самым ускорять или замедлять наступление определенных этапов развития. Внешние условия оказывают на рост как прямое, так и косвенное воздействие. Последнее связано с тем, что его скорость зависит от интенсивности остальных физиологических процессов, воздушного и корневого питания, снабжения водой, напряженности обмена веществ и энергии. В связи с этим влияние внешних условий может сказаться на интенсивности роста через изменение любого из указанных процессов [7, 8, 9].

Среди внешних факторов, которые воздействуют на рост и развитие растений и соответственно формирование урожая кукурузы, большое значение имеют гидротермические условия. Рост растений возможен в сравнительно широких температурных границах. Для каждого вида растения в зависимости от его особенностей и,

главным образом, от географического происхождения характерны определенные температурные границы, в которых возможно протекание ростовых процессов. Различают три кардинальные температурные точки: минимальная температура, при которой рост только начинается, оптимальная – наиболее благоприятная для ростовых процессов – и максимальная, при которой рост прекращается [10, 11]. Для растений кукурузы оптимальной температурой в период прорастания семян является 10–12 °С, всходы – выметывание – 18–20 °С и для созревания зерна – 22–23 °С [12].

Обязательным ресурсом формирования продуктивности растений является вода. Ее источником служит влага корнеобитаемого слоя почвы, общее количество которой складывается из запасов продуктивной влаги ко времени посева и осадков в течение вегетации. Уменьшение содержания воды в почве резко тормозит процессы роста и снижает урожайность [13]. Очень редки случаи, когда недостаток влаги изменял продолжительность периода «посев – всходы», так как при своевременном выполнении всех технологических операций влаги, содержащейся в почве в это время, вполне достаточно для набухания, прорастания семян и появления всходов. В то же время избыточное увлажнение задерживает прорастание семян, что негативно влияет на дальнейшее развитие растения и урожайность, а также на химический состав зерна [14].

Гидротермические условия значительно меняются по годам, соответственно меняется и скорость роста и развития растений кукурузы. Так, в теплом и засушливом 2012 году в лесостепи Западной Сибири нахождение междоузлия «всходы – цветение початка» группы раннеспелых гибридов в среднем потребовало 48,6 суток, а в прохладном 2013 году – 54,3 суток. При этом среднесуточная температура воздуха за период «всходы – цветение початка» не влияет напрямую на его продолжительность [1].

Внешние признаки отражают внутреннее состояние растительного организма на каждом этапе онтогенеза и позволяют контролировать процесс его развития и формирования продуктивности. Фенологические наблюдения имеют большое значение для оценки влияния внешних условий на процессы роста и развития и продуктивность культурных растений, а также для принятия технологических решений при возделывании сельскохозяйственных культур. Фенологические фазы используются как агротехнические сроки проведения технологических операций (подкормка растений, применение гербицидов и регуляторов роста, десикация и др.) [15].

Несмотря на достаточную изученность технологии возделывания кукурузы на территории Республики Башкортостан, практически отсутствует научная информация о степени и характере влияния гидротермических условий на рост и развитие ее растений. Исключением являются фенологические карты кукурузы Республики Башкортостан [16]. В связи с изложенным, **целью нашего исследования** состояла в уточнении параметров, определение степени и характера зависимости продолжительности междоузлий периодов кукурузы от гидротермических условий.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования была кукуруза (*Zea mays L.*). Для количественной оценки темпов роста и развития растений кукурузы использовали продолжительность периода между фенологическими фазами.

Анализ и количественное описание зависимости продолжительности междоузлий периодов проводили методами корреляционного и регрессионного анализа с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel 2010.

Для анализа использовали результаты многолетних полевых наблюдений за временем наступления фенологических фаз раннеспелых гибридов, которые мы проводили в 2016–2019 годы на территории Республики Башкортостан, а также опубликованные данные госсортоучастков за 1993–2016 гг.

Время наступления фенологических фаз определяли согласно методике государственного сортоиспытания [17]. Среднюю температуру воздуха за отдельные периоды вегетации рассчитывали следующим путем: подсчитывали сумму среднесуточных температур и полученную величину делили на количество дней в периоде. Сумму осадков определяли так: сумму осадков за междоузлий период делили на количество дней изучаемого периода. Среднесуточную температуру и сумму осадков за каждый день брали из бюллетеня метеорологических наблюдений Государственных метеорологических станций.

Результаты и обсуждение. В условиях предуральской степи Республики Башкортостан продолжительность периода «посев – всходы» раннеспелых гибридов кукурузы в среднем за ряд лет составила около 10,5 дней (таблица 1). При этом по годам она изменялась от 7 (2005 г.) до 14 (2008 г.) дней. Среднегодовая температура воздуха за период «посев – всходы» составила 16,8 °С, сумма осадков – 21,3 мм. Как показали результаты корреляционного анализа, продолжительность периода «посев – всходы» в основном зависит от суммы осадков. Увеличение количества осадков замедляет прорастание

семян кукурузы. Коэффициент корреляции между суммой осадков и продолжительностью данного периода 0,625. Негативное влияние атмосферных осадков на прорастание семян кукурузы можно объяснить тем, что посевной слой почвы во многие годы бывает достаточно влажным, и обильные осадки приводят к ухудшению водно-воздушного режима почвы. В изученных пределах (6–60 мм осадков) зависимость продолжительности периода «посев – всходы» от суммы осадков прямолинейна и график данной зависимости представлен на рисунке 1. Коэффи-

циент регрессии равен 0,1 дня, то есть при повышении количества осадков на 10 мм прорастание семян замедляется на 1 день.

Результаты корреляционного анализа показывают, что продолжительность периода «посев – всходы» в полевых условиях очень слабо зависит от температуры воздуха. Это, вероятно, обусловлено отрицательным влиянием переувлажнения почвы в период прорастания семян. Коэффициент корреляции между среднесуточной температурой и продолжительностью периода «посев – всходы» составил 0,190.

Рисунок 1
Зависимость продолжительности периода «посев – всходы» кукурузы от суммы осадков

Таблица 1 Продолжительность межфазных периодов кукурузы и ее зависимость от среднесуточной температуры воздуха и суммы осадков

Межфазный период	Продолжительность периода, день	Температура воздуха, °С	Сумма осадков, мм	Коэффициент корреляции связи продолжительности межфазного периода между	
				температурой воздуха	суммой осадков
Посев – всходы	10,5	16,8	21,3	–0,190	0,625
Всходы – выметывание	49,0	19,0	69,9	–0,426	0,185
Выметывание – цветение початка	8,8	19,4	17,7	–0,187	0,263
Цветение початка – восковая спелость зерна	35,5	17,3	51,3	–0,712	0,718

У кукурузы метелка появляется через 49 дней после фазы всходы (таблица 1). Раннеспелые гибриды кукурузы в условиях предуральской степи Республики Башкортостан, как показывают результаты исследования, выметываются в среднем 14 июля. Среднемноголетняя температура воздуха в этот период оптимальная для растений кукурузы и составляет 19,0 °С, выпадает 69,9 мм дождей. По годам продолжительность данного периода изменяется от 41 до 57 дней.

Повышение температуры сокращает продолжительность периода «всходы – выметывание» ($r = -0,426$). В условиях южной лесостепи

(УНЦ БГАУ) в среднем за 4 года наблюдалось выметывание раннеспелых гибридов кукурузы также 14 июля. В 2016 году с высокой температурой воздуха выметывание кукурузы было отмечено 5 июля, а в прохладном 2019 году – 19 июля (таблица 2). На рисунке 2 приведено графическое изображение зависимости продолжительности периода «всходы – выметывание» от температуры воздуха. Данная зависимость прямолинейна в изученных пределах температуры (15,0–22,2 °С).

Количество осадков оказывает очень слабое положительное влияние на продолжительность

межфазного периода «всходы – выметывание» ($r = 0,185$).

От начала появления метелки до цветения початка кукурузы проходит около 9 дней (таблица 1). Среднемноголетняя дата наступления фазы цветения початка – 21 июля. Продолжительность межфазного периода «выметывание – цветение початка» у кукурузы колеблется от 5 до 16 дней. В условиях южной лесостепи цветение початков кукурузы колебалось от 13 июля в

2016 г. до 30 июля в 2018 г. (таблица 2). Средняя температура за данный период составляет $19,4^{\circ}\text{C}$, что несколько ниже оптимальной для данного периода роста и развития растений кукурузы. В этот период выпадает 17,7 мм дождя. Температура и осадки оказывают сравнительно небольшое влияние на длительность этого периода. Коэффициент корреляции между продолжительностью данного периода и температурой – 0,187, суммой осадков – 0,263.

Рисунок 2

Зависимость продолжительности периода «всходы – выметывание» кукурузы от температуры воздуха

Таблица 2 Время наступления фенологических фаз
(учебно-научный центр Башкирского ГАУ, гибрид Уральский 150)

Год	Посев	Всходы	Выметывание	Цветение початка	Восковая спелость зерна
2016	10 мая	21 мая	5.07	13.07	24.08
2017	10 мая	24 мая	14.07	03.08	2.10
2018	18 мая	29 мая	17.07	30.07	13.09
2019	14 мая	29 мая	19.07	28.07	15.09

Восковая спелость зерна раннеспелых гибридов кукурузы в условиях предуральской степи Республики Башкортостан наступает в среднем 27 августа. Период «цветение початка – восковая спелость зерна» в среднем длится 35,5 дней. Среднемноголетняя температура воздуха в данный период составляет $17,3^{\circ}\text{C}$, что значительно ниже оптимальной температуры для созревания зерна кукурузы. Сумма осадков в этот период вегетации – 51,3 мм.

За время наблюдения продолжительность периода «цветение початка – восковая спелость зерна» изменялась в значительных пределах, что в основном было вызвано изменением температуры воздуха и суммы осадков. Так, в условиях южной лесостепи, если в теплообеспеченном 2016 году восковая спелость зерна наступила 24 августа, то в прохладном 2019 году – только 15 сентября (таблица 2). Коэффициент корреляции составил соответственно 0,712 и 0,718. Согласно результатам регрессионного анализа, по-

вышение температуры воздуха на 1°C (в интервале 12–24 градуса) ускоряло созревание зерна кукурузы на 3 дня:

$$Y = 92,22 - 3,067 x, \quad (1)$$

где Y – продолжительность периода «цветение початка – восковая спелость зерна», дней; x – средняя температура за период «цветение початка – восковая спелость зерна», $^{\circ}\text{C}$.

График зависимости данного периода от температуры воздуха представлен на рисунке 3.

Увеличение суммы осадков на 1 мм (в диапазоне 4–157 мм) приводит к увеличению периода «цветение початка – восковая спелость зерна» кукурузы на 0,28 дня:

$$Y = +20,843 + 0,287 x, \quad (2)$$

где Y – продолжительность периода «цветение початка – восковая спелость зерна», дней; x – сумма осадков за период «цветение початка – восковая спелость зерна», мм.

График зависимости данного периода от суммы осадков представлен на рисунке 4.

Рисунок 3
Зависимость продолжительности периода «цветение початка – восковая спелость зерна» от средней температуры воздуха

Рисунок 4
Зависимость продолжительности периода «цветение початка – восковая спелость зерна» кукурузы от суммы осадков

Выводы. Повышение температуры воздуха ускоряет, а увеличение атмосферных осадков, наоборот, замедляет продолжительность вегетации растений кукурузы на территории предуральной степи Республики Башкортостан. В разные периоды вегетации степень влияния гидротермических условий на рост и развитие растений кукурузы неодинакова. Наиболее сильное влияние температура и атмосферные осадки оказывают на продолжительность периода «цветение початка – восковая спелость зерна». Коэффициент корреляции связи между продолжительностью межфазного периода «цветение початка – восковая спелость зерна», температурой воздуха и суммой осадков соответственно 0,712 и 0,718. Повышение температуры воздуха на

1 °С (в интервале 12–24 градуса) ускоряет созревание зерна кукурузы на 3 дня, увеличение суммы осадков на 1 мм (в диапазоне 4–157 мм) приводит к замедлению созревания зерна кукурузы на 0,28 дня.

Статистические модели зависимости продолжительности межфазных периодов роста и развития растений кукурузы от суммы осадков и среднесуточной температуры могут быть применены при подборе гибридов для возделывания на территории предуральной степи Республики Башкортостан, для прогнозирования календарных дат наступления фенологических фаз и оперативной корректировки сроков проведения технологических операции по уходу за посевами.

Библиографический список

1. Ильин, В.С. Сравнительная оценка хозяйственно ценных признаков раннеспелых ги-

бридов кукурузы в условиях лимитированных климатических ресурсов в Омской области

[Текст] / В.С. Ильин, А.М. Логинова, С.В. Губин, Г.В. Гетц // Успехи современного естествознания. 2016. № 8. С. 84–87.

2. Ismagilov K.R. Heat resources and placement of corn seeds In the South Urals. International Agricultural Journal. 2019. No4. DOI: 10.24411/2588-0209-2019-10081.

3. Исмагилов, Р.Р. Производство продукции растениеводства для целевого использования [Текст] / Р.Р. Исмагилов, Б.Г. Ахияров, Р.К. Кадилов, К.Р. Исмагилов. Уфа: Башкирский ГАУ, 2016.

4. Ismagilov R., Akhiyarov B., Islamgulov D., Ayupov D., Salnikov V. Maize hybrid productivity and grain quality in conditions of the cis-ural forest-steppe. AIMS Agriculture and Food. 2019. Т. 4. № 3. С. 604–612.

5. Сотченко, Ю.В. Урожайность и качество зерна гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан [Текст] / Ю.В. Сотченко, Р.Р. Исмагилов, Б.Г. Ахияров // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (48). С. 39–43.

6. Hatfield Jerry L., John H. Prueger. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. J. Weather and climate extremes. 2015. № 10. Р. 4–10.

7. Кекало, А.Ю. Влияние погодных условий в межфазные периоды вегетации на развитие листовых болезней [Текст] / А.Ю. Кекало, Е.В. Нестерова, В.В. Немченко // Аграрный вестник Урала. 2017. № 09 (163). С. 8–15.

8. Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы / Под ред. П.Н. Рыбалкина, П.П. Васюкова, М.В. Чумака. Майкоп: Адыгея, 2014. 374 с.

9. Friend D.J.C. Tillering and leaf production in wheat as affected by temperature and light intensity. Canadian Journal of Botany. 2011. № 43. Р. 1063–1076.

10. Сотченко, В.С. Сумма эффективных температур в период «всходы – цветение» родительских форм гибридов кукурузы в различных условиях выращивания [Текст] / В.С. Сотченко, А.Г. Горбачева // Кукуруза и сорго. 2012. № 1. С. 15–18.

11. Багринцева, В.Н. Климатические условия периода вегетации кукурузы в Александровском районе Ставропольского края [Текст] / В.Н. Багринцева, А.Н. Пелипенко // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 2 (22). С. 122–125.

12. Кашеваров, Н.И. Кукуруза в Сибири [Текст]: монография / Н.И. Кашеваров, В.С. Ильин, Н.Н. Кашеварова, И.В. Ильин. Новосибирск, 2004. С. 66–69.

13. Волкова, Е.И. Связь урожайности с тепло-влажностнообеспеченностью по фазам развития сельскохозяйственных культур [Текст] / Е.И. Волкова // Мелиорация переувлажненных земель. 2016. № 2 (56). С. 85–93.

14. Шамуратова, Г.М. Рост и развитие кукурузы в условиях Республики Каракалпакстан [Текст] / Г.М. Шамуратова, А.Б. Сейтбекова, Г.Б. Аллаўатдинова // Мировая наука. 2018. № 6 (15). С. 366–369.

15. Исмагилов, Р.Р. Фазы роста и развития сельскохозяйственных культур [Текст] / Р.Р. Исмагилов // Башкирская энциклопедия. Уфа: Башкирская энциклопедия, 2011. Т. 7. С. 7–8.

16. Атлас Республики Башкортостан [Текст] / Под ред. И.М. Япарова. Уфа: Китап, 2005. 419 с.

17. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры [Текст] / Под ред. В.И. Головачёва, Е.В. Кирилевской. М., 1989. 194 с.

Сведения об авторах

1. **Поскребышева Марина Михайловна**, аспирант кафедры растениеводства, селекции растений и биотехнологии, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: poskmarina@yandex.ru.

2. **Исмагилов Камиль Рафаэлевич**, кандидат экономических наук, доцент кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 252-12-56, e-mail: ismagilovr_bsau@mail.ru.

Исследования проводили с целью установления влияния температуры воздуха и суммы осадков на скорость роста и развития растений кукурузы. Анализ и количественное описание зависимости продолжительности межфазных периодов проводили методами корреляционного и регрессионного анализа. Для анализа ис-

пользовали результаты полевых наблюдений в 2016–2019 годы за временем наступления фенологических фаз раннеспелых гибридов кукурузы в южной лесостепи, а также опубликованные данные госсортучастков Республики Башкортостан за 1993–2016 годы. Установлено, что повышение температуры воздуха ускоряет, а

увеличение атмосферных осадков, наоборот, замедляет продолжительность вегетации растений кукурузы на территории предуральской степи Республики Башкортостан. В разные периоды вегетации степень влияния на рост и развитие растений кукурузы неодинаково. Наиболее сильное влияние гидротермические условия оказывают на продолжительность периода «цветение початка – восковая спелость зерна». Коэффициент корреляции связи между продолжительностью межфазного периода «цветение початка – восковая спелость зерна», температурой воздуха и суммой осадков соответственно 0,712 и 0,718. Повышение температуры воздуха на

1 °C (в интервале 12–24 градуса) ускоряет созревание зерна кукурузы на 3 дня, повышение суммы осадков на 1 мм (в диапазоне 4–157 мм) приводит к замедлению созревания зерна кукурузы на 0,28 дня. Статистические модели зависимости продолжительности межфазных периодов роста и развития растений кукурузы от суммы осадков и среднесуточной температуры могут быть применены при подборе гибридов для возделывания, для прогнозирования календарных дат наступления фенологических фаз и оперативной корректировки сроков проведения технологических операции по уходу за посевами.

M. Poskrebysheva, K. Ismagilov

INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF MAIZE PLANTS

Key words: *maize; plant growth and development; phenological phases; average daily temperature; precipitation amount.*

Authors' personal details

1. **Marina Poskrebysheva**, Post-graduate student, department of plant production, plant breeding and biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: poskmarina@yandex.ru.

2. **Kamil Ismagilov**, Candidate of economic Sciences, associate professor of the department of nature management, construction and hydraulics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, phone: +7 (347) 252-12-56, e-mail: ismagilovr_bsau@mail.ru.

The studies were conducted to determine the influence of air temperature and precipitation on the growth and development of maize plants. The analysis and quantitative description of the dependence of the duration of interphase periods were performed using the methods of correlation and regression analysis. For the analysis, we used the results of field observations in 2016–2019 for the time of the onset of phenological phases of early-maturing maize hybrids in the southern forest-steppe, as well as published data from state agricultural sites of the Republic of Bashkortostan for 1993–2016. It was found that an increase in air temperature accelerates, and an increase in precipitation, on the contrary, slows down the duration of vegetation of maize plants on the territory of the pre-Ural steppe of the Republic of Bashkortostan. In different periods of vegetation, the degree of influence on the growth and development of maize plants varies. The most powerful influence of hydrothermal conditions has

on the duration of the period « of flowering of the cob – the waxy ripeness of the grain». The correlation coefficient of the relationship between the duration of interphase period «flowering of ear – wax ripeness of grain» and air temperature and precipitation amount, respectively, 0,712 and 0,718. An increase in air temperature by 1 °C (in the range of 12–24 degrees) accelerates the maturation of corn grains for 3 days, and precipitation amounts by 1 mm (in the range of 4–157 mm) leads to a slowdown in the maturation of corn grains by 0,28 days. Statistical models of the dependence of the duration of interphase periods of growth and development of maize plants on the amount of precipitation and average daily temperature can be used in the selection of hybrids for cultivation, to predict the calendar dates of the onset of phenological phases and to promptly adjust the timing of technological operations for crop care.