

## РОСТ РАСТЕНИЙ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ В ХОЛОДНОМ КЛИМАТЕ\*

Т.К. Головко<sup>1</sup>, доктор биологических наук, И.В. Далькэ<sup>1</sup>, кандидат биологических наук,  
Г.Т. Шморгунов<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук,  
А.Ф. Триандафилов<sup>2</sup>, кандидат технических наук, А.Г. Тулинов<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,  
167982, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 27  
E-mail: [golovko@ib.komisc.ru](mailto:golovko@ib.komisc.ru)

<sup>2</sup>Институт сельского хозяйства Коми научного центра УрО РАН,  
167023, Сыктывкар, ул. Ручейная, 27  
E-mail: [toolalgen@mail.ru](mailto:toolalgen@mail.ru)

*В условиях сравнительно прохладного и влажного сезона вегетации в центральном агроклиматическом районе Республики Коми кукуруза не уступает по интенсивности роста и фотосинтетической активности традиционно возделываемым в условиях северного Нечерноземья культурам. Цель исследований – изучить возможность и перспективность выращивания раннеспелых гибридов кукурузы в почвенно-климатических условиях Республики Коми. Полевой опыт заложен на базе Института сельского хозяйства Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук в 2016-2017 гг. на площади 1,6 га. В 2016 г. изучено 6 сортообразцов кукурузы, а в 2017 г. – дополнительно еще 15. Таким образом, из 21 сортов и гибридов были отобраны 7 сортообразцов для дальнейшего изучения. Представлены результаты предварительного исследования экологического испытания раннеспелых гибридов кукурузы при возделывании в агроклиматических условиях Республики Коми. Рассмотрены особенности их роста и развития, формирование урожая зеленой массы. Среди изучаемых сортов выделен Уральский 150 с лучшими кормовыми характеристиками. Его растения формировали 11-12 листьев с удельной поверхностной плотностью 0,30 г/дм<sup>2</sup>, листовой индекс ценоза составил 4 м<sup>2</sup>/м, максимальная скорость фотосинтеза листьев среднего яруса достигала 17 мкмоль СО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с. Средняя за два года урожайность зеленой массы изучаемых сортообразцов и гибридов кукурузы составляла 380 ц/га. Содержание сухого вещества в биомассе не превышало 20%, содержание сырого протеина достигало 12%, клетчатки – 29%.*

## GROWTH OF PLANTS AND PRODUCTIVITY OF CORN IN COLD CLIMATE

Golovko T.K.<sup>1</sup>, Dalke I.V.<sup>1</sup>, Shmorgunov G.T.<sup>2</sup>, Triandafilov A.F.<sup>2</sup>, Tulinov A.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
167982, Syktyvkar, ul. Kommunisticheskaya, 28  
E-mail: [golovko@ib.komisc.ru](mailto:golovko@ib.komisc.ru)

<sup>2</sup>Institute of Agriculture of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
167023, Syktyvkar, ul. Ruchejnaya, 27  
E-mail: [toolalgen@mail.ru](mailto:toolalgen@mail.ru)

*Under conditions of a relatively cool and humid growing season in the central agro-climatic region of the Komi Republic, corn is not inferior in terms of growth rate and photosynthetic activity, traditionally cultivated under the conditions of the northern Non-Black Earth region crops. The purpose of the research is to study the possibility and prospects of growing early ripe corn hybrids in the soil and climatic conditions of the Komi Republic. Field experience was established on the basis of the Institute of Agriculture of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in 2016-2017 on an area of 1.6 hectares. In 2016, 6 varieties of corn were studied, and in 2017, in addition to them, another 15. Thus, out of 21 varieties and hybrids, 7 varieties were selected for further study. The article presents the results of a preliminary study of the ecological testing of early-ripening hybrids of corn when cultivating them in agroclimatic conditions of the Komi Republic. The features of growth and development of corn hybrids, formation of the green mass harvest are considered. As a result of the research, the Uralskiy 150 with the best fodder characteristics was identified among the studied hybrids. Uralskiy 150 formed 11-12 leaves with a specific leaf density of 0.30 g/dm<sup>2</sup>. The LAI of the cenosis was 4 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. The maximum rate of photosynthesis of the leaves was 17 μmol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>s. The average for two years the yield of green mass of the studied variety sample and hybrids of corn was amounted to 380 centner/ha. The dry matter content in biomass did not exceed 20%, the content of crude protein reached 12%, and fiber 29%.*

**Ключевые слова:** кукуруза, сортообразцы, гибриды, рост, зеленая масса, урожайность, холодный климат

**Key words:** corn, varieties, hybrids, growth, green mass, yield, cold climate

\* Работа выполнена в рамках НИР «Физиология и стрессоустойчивость фотосинтеза растений и пойкилогидрических фотоавтотрофов в условиях Севера» № ГР АААА-А17-1170330110038-7 и проекта Комплексной программы УрО РАН «Фототрофные организмы как компонент живой природы и индикатор климатических изменений (№18-4-4-20).

Кукуруза занимает первое место в мировом производстве продовольственных культур. В 2016 г. на площади около 188 млн га было собрано около 1,1 млрд тонн зерна кукурузы (<http://www.fao.org>). Она относится к группе  $C_4$ -растений, характеризующихся высокой интенсивностью фотосинтеза и продуктивностью, эффективным использованием воды в условиях повышенной инсоляции и температуры [1]. В Европе кукурузу на зерно возделывают до 52 с.ш., на силос – до 60 с.ш. В Нечерноземной зоне России ее выращивают в основном на силос.

Первые опытно-производственные посевы кукурузы в центральной и южной части Республики Коми проведены в 1954–1964 гг. Были изучены особенности роста и развития теплолюбивых растений в крайних экологических условиях на северной границе возделывания [2]. В зависимости от сорта, агротехники и погодных условий вегетации она давала от 150 до 700 ц/га зеленой массы. Более высоким урожаем характеризовались среднепоздние и поздние сорта (Стерлинг, Гибрид ВИР-42, Закарпатская желтая). Несмотря на ценные качества зеленой массы, в тот период кукуруза не получила распространения в основном из-за риска потери урожая в годы с низкой теплообеспеченностью вегетационного периода. Современные достижения в селекции устойчивых и раннеспелых гибридов кукурузы универсального направления сделали эту культуру перспективной для развития кормопроизводства в Нечерноземье и Сибири. В связи с этим мы провели опыты по выращиванию сортообразцов и гибридов селекции ВНИИ кукурузы (Пятигорск) в центральном агроклиматическом районе Республики Коми. Сумма средних суточных температур выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  в этом регионе составляет в среднем 1400–1550  $^{\circ}\text{C}$  [3].

**Методика.** Опыты закладывали в 2016–2017 гг. на полях Института сельского хозяйства Коми научного центра УрО РАН (Сыктывкар). Площадь опытного участка составляет 1,6 га (координаты 61.669695 с.ш., 50.760623 в.д.). Для агрохимической характеристики почв участка определяли содержание подвижного фосфора и обменного калия по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), содержание обменного кальция и обменного магния (ГОСТ 26487-85), гидролитическую кислотность (ГОСТ 26212-91),  $\text{pH}_{\text{соль}}$  – ионометрически (ГОСТ 26483-85), содержание гумуса – по Тюрину (ГОСТ 26213-91). Удобрения под кукурузу не вносили, предшественником была вико-овсяная травосмесь. В 2016 г. исследования проводили на 6 сортообразцах кукурузы, в 2017 г. было привлечено дополнительно 15 сортообразцов. Опыты закладывали в 3-кратной повторности, семена высевали в ряды на глубину 6 см с шагом 0,15 м, расстояние между рядами составляет 0,7 м, длина ряда – 5,5 м. Норма посева – 10 шт. семян/м<sup>2</sup>. В 2016 г. посев проводили 25 мая, в 2017 г. – на 2 нед позже из-за сырой прохладной погоды. В течение вегетации вели фенологические наблюдения, определяли темпы линейных приростов в высоту (в 3-кратной повторности по 10 растений каждого сортообразца), биологический урожай зеленой массы и ее химический состав. Учет урожая осуществляли поделочно, затем рассчитывали средние для каждого сортообразца показатели.

В 2017 г. измеряли фотосинтетическую активность листьев сорта Уральский 150.  $\text{CO}_2$ -газообмен определяли с помощью ИК-газоанализатора LI-7000 (LI-COR, США) при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и различной освещенности. Для описания световой зависимости фотосинтеза использовали модель Михаэлис-Ментен [4]. Данные о параметрах окружающей среды получали из открытых источников (<http://aisori-m.meteo.ru>). На основе значений температуры воздуха рассчитывали сумму средних суточных температур воздуха выше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (САТ). Для статистической обработки данных использовали описательную статистику, границы возможных случайных отклонений в эксперименте оценивали по наименьшей существенной разности между средними значениями ( $\text{НСР}_{05}$ ). В таблицах и на рисунках, если не указано иное, приведены средние арифметические величины и их стандартные ошибки. Статистический анализ осуществлен с помощью Statistica 10 (StatSoft Inc., США).

Вегетационный период 2016 г. был более теплым, чем 2017 г. В годы исследований количество дней со среднесуточной температурой воздуха свыше  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  составило 86. САТ в 2016 г. достигала  $1591\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что на  $187\text{ }^{\circ}\text{C}$  больше, чем в 2017 г. В июне среднемесячная температура воздуха  $14,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  находилась в пределах средних многолетних значений, а в мае, июле и августе была выше на  $3\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Среднемесячная температура мая и июня 2017 г. оказалась на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ниже нормы, июль теплее, а август холоднее обычного. С мая по август 2016 г. выпало 460 мм осадков, в 2017 г. – 316 мм, что выше нормы соответственно на 80 и 25%. Обеспеченность посевов влагой была высокой, но осадки выпадали неравномерно. За май 2016 г. осадков было в 2,5 раза меньше нормы, а в августе – больше нормы.

**Результаты и обсуждение.** По данным агрохимического анализа, почва опытного участка под посевами кукурузы – типичная для вовлекаемых в сельскохозяйственное освоение подзолистых почв, с низким естественным плодородием. Содержание гумуса в почве составляло 4,2%.  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 625 мг/кг,  $\text{K}_2\text{O}$  – 101 мг/кг,  $\text{CaO}$  – 15,1 ммоль,  $\text{MgO}$  – 3,8 ммоль/100 г почвы, гидролитическая кислотность – 4,2 ммоль/кг сухого вещества,  $\text{pH}$  5,2.

В 2016 г. период от посева семян до появления первых всходов в зависимости от сортообразца составлял 16–20 дней (табл. 1). Всходы были дружные, однако, полевая всхожесть довольно низкая – 29–51%, что, возможно, связано с недостаточной влагообеспеченностью. В мае-июне запасы продуктивной влаги в почвенном слое 0–10 см не превышали 20 мм. Цветение метелок наступало через 42–43 дня, цветение початков – через 49–56 дней после полных всходов. Цветение початков гибридов RM 15001 и RM 15003 начиналось примерно на 1 нед раньше, чем у сортов. К середине сентября початки гибридов достигали молочно-восковой спелости, тогда как у сортов были в фазе молочной спелости. Высота растений составляла от 160 (RM 15003) до 220 см (сорт Уральский 150). После уборки зеленой массы (25 августа) максимальная урожайность была у сорта Уральский 150, минимальная – у гибрида RM 15003. Средняя урожайность 6 сортообразцов составляла 394 ц/га.

**Табл. 1. Фенология сортообразцов и урожай зеленой массы кукурузы, 2016 г.**

Сортообразец	Первые всходы	Полные всходы	Цветение метелок	Цветение початков	Урожай, ц/га
Машук	14.06	15.06	27.07	08.08	341
Нур	13.06	14.06	27.07	08.08	368
Атлант	10.06	12.06	25.07	08.08	333
Уральский 150	10.06	12.06	25.07	08.08	771
RM 15001	12.06	14.06	26.07	02.08	313
RM 15003	12.06	14.06	26.07	02.08	238
НСР <sub>05</sub>					27.6

**Табл. 2. Фенология сортообразцов кукурузы, 2017 г.**

Сортообразец	Первые всходы	Полные всходы	Цветение метелок	Цветение початков
Машук	29.06	01.07	23.08	26.08
Нур	28.06	30.06	01.09	03.09
Атлант	30.06	02.07	01.09	03.09
Уральский 150	30.06	02.07	03.09	05.09
RM 15001	29.06	01.07	23.08	26.08
Катерина	28.06	02.07	24.08	01.09
Дорка	30.06	02.07	01.09	03.09

**Табл. 3. Динамика роста и урожайность кукурузы, 2017 г.**

Сортообразец	Высота стебля, см					Урожай, ц/га
	01.08	15.08	23.08	30.08	05.09	
Машук	31	54	95	132	178	475
Нур	27	53	101	137	179	413
Атлант	23	53	95	129	159	323
Уральский 150	26	55	100	130	158	305
RM 15001	25	44	99	120	138	336
Катерина	23	45	71	97	146	315
Дорка	29	55	87	120	135	373
НСР <sub>05</sub>	1.8	3.6	6.5	8.6	10.9	25.4

В 2017 г. посев кукурузы из-за прохладной и дождливой погоды проводили 9 июня, на 2 нед позже, чем в 2016 г. Первые всходы отмечали 29-30 июня, полные – 1-2 июля. Полевая всхожесть 21 сортообразца варьировала в широких пределах: от 28 (RM 16009) до 82% (Нур) и у большинства гибридов она была ниже, чем у сортов. Поэтому для дальнейших наблюдений отобрали сортообразцы с полевой всхожестью семян свыше 50% (7 сортообразцов). Цветение метелок наблюдали через 55-60 дней после полных всходов. Цветение метелок и початков у сортов Машук, Катерина и гибрида RM 15001 начиналось на несколько дней раньше, чем у других образцов (табл. 2).

Темпы роста растений в течение первых недель после входов были очень низкими (табл. 3), прирост за неделю составлял в среднем 5-7 см.

К цветению метелок высота растений увеличилась в 5-7 раз и варьировала в зависимости от сортообразца, так, у Машук и Нур достигала 180 см. Прохладная и дождливая погода 2017 г. привела к позднему заложению початков. На-

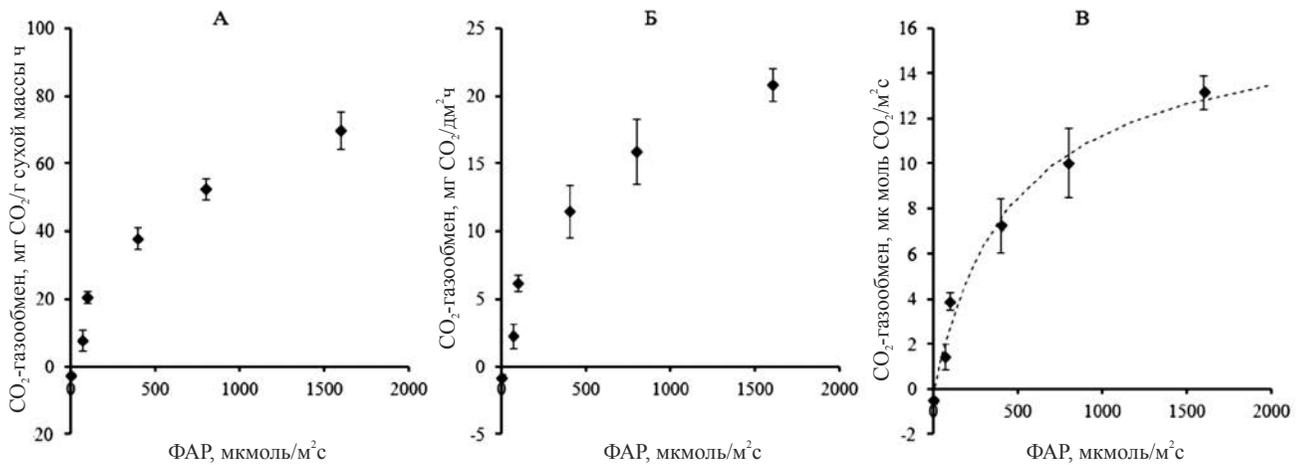
меньшее количество растений с початками отмечено у сортов Атлант и Катерина (10%), наибольшее – у сорта Нур и гибрида RM15001 (90%).

В условиях вегетации 2017 г. к середине сентября кукуруза формировала сравнительно невысокий урожай зеленой массы, при этом у сортообразцов не отмечено молочной спелости початков. Средняя урожайность исследованных сортов и гибридов составляла 363 ц/га, что является нижним пределом при возделывании кукурузы на зеленый корм [5]. В опытах средняя урожайность оказалась почти в 2 раза ниже среднего биологического урожая зеленой массы 7 гибридов кукурузы в условиях Нечерноземной зоны, где САГ за вегетационный период была на 30% больше [6]. Сорт Машук показал стабильную продуктивность, тогда как у наиболее продуктивного в 2016 г. сорта Уральский 150 урожайность зеленой массы снизилась в 2,5 раза. К уборке типичное растение сорта Уральский 150 накапливало в среднем 600 г сырой и 90 г сухой массы (табл. 4). Наибольшую долю в биомассе целого растения составляли стебли с листовыми влагалищами, на долю початков приходилось чуть более 10% надземной массы. Содержание сухого вещества в початках, не достигших даже молочной спелости, было низким – около 10%. На долю корней приходилось примерно 20% биомассы растений.

Известно, что максимальный выход энергии, ее концентрация в силосе, минимальные потери отмечают при уборке кукурузы в фазы молочно-восковой и восковой спелости зерна, когда в листостебельной массе растений содержится около 24% сухого вещества [7]. В опытах у растений сорта Уральский 150 содержание сухого вещества в надземной биомассе было ниже рекомендуемого и составляло в среднем 14%. Растение имело 11-12 листьев с удельной поверхностной плотностью (УППЛ)  $0,30 \pm 0,03$  г/дм<sup>2</sup>. Площадь листовой поверхности одного растения достигала 0,6 м<sup>2</sup>, листовой индекс ценоза при густоте стояния 6-7 растений/м<sup>2</sup> не превышал 4,2 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В условиях Среднего Поволжья кукуруза формировала максимальную листовую поверхность к 60-70-му дню вегетации. В моновидовых и бинарных (с высокобелковыми растениями амаранта, мальвы, донника) посевах кукурузы листовой индекс достигал 4,5-4,8 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> [8]. Для получения высоких урожаев зеленой массы рекомендуется использовать загущенные ценозы [9], способные формировать в 1,5-2 раза больше листовой поверхности, чем это было в наших опытах. Величина УППЛ характеризует мощность развития фотосинтетического аппарата растений, зависит от генотипа, возраста листа и освещенности в ценозе [10].

**Табл. 4. Распределение биомассы по органам кукурузы сорта Уральский 150, 2017 г.**

Дата отбора проб	Сырая (над чертой) и сухая масса (под чертой), г					
	стебель	лист	метелка	початок	корни	сумма
25 августа	<u>249±37</u>	<u>107±6</u>	<u>16±1</u>	-	<u>49±9</u>	<u>421±49</u>
	20±3	17±1	3±0		7±1	47±5
12 сентября	<u>303±29</u>	<u>101±9</u>	<u>16±2</u>	<u>64±7</u>	<u>94±14</u>	<u>599±67</u>
	39±4	19±2	4±1	6±1	21±3	91±10



**Зависимость CO<sub>2</sub>-газообмена листьев среднего яруса растений кукурузы сорта Уральский 150 в расчете на сухую массу (А) и площадь листа (Б, В) (25.08.2017, фаза выбрасывания метелки). Пунктирная линия (В) – модель описания CO<sub>2</sub>-газообмена с помощью уравнения Михаэлиса-Ментен [4].**

Согласно результатам моделирования световой зависимости CO<sub>2</sub>-газообмена, максимальная скорость фотосинтеза (Фв) листьев среднего яруса кукурузы сорта Уральский 150 составляла 14 мкмоль CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с (рис.).

Скорость Фв достигала половины максимального значения при освещенности около 500 мкмоль квантов/м<sup>2</sup>с. Эти данные показывают, что кукуруза не уступает по фотосинтетической активности традиционно возделываемым в условиях северного Нечерноземья культурам с C<sub>3</sub>-типом фотосинтеза, таким как картофель, ячмень, овес, многолетние травы [11, 12].

Химический анализ не выявил существенных различий между сортами по накоплению питательных веществ. Содержание сухого вещества в биомассе составляло 18-20%, сырого протеина в нем – 12%, жира – 2,4%, общего азота – 1,8%, фосфора – 0,4%. На долю клетчатки приходилось около 29% сухого вещества, что сопоставимо с результатами других авторов [5, 6, 8].

Возможность культивирования растений определяют прежде всего почвенно-климатические условия. Для продвижения кукурузы в регионы, менее благоприятные по световому и температурному режиму, большее значение имеет подбор гибрида, а не агротехника [13]. В условиях сезонного климата температура служит одним из основных экологических факторов, ограничивающих рост и развитие растений. Полный цикл развития сельскохозяйственных культур требует определенного количества тепла, которое можно выразить в виде САТ. Этот показатель широко используют для подбора сельскохозяйственных культур, пригодных для выращивания в районах с разной теплообеспеченностью [3, 7, 14-17]. В зависимости от группы спелости кукурузы для полного вызревания зерна гибридам требуется от 2200 до 3000 °С САТ. В северных районах посевы этой культуры, получающие САТ за июнь-август 1850 °С или менее, рекомендовано использовать для кормовых целей [13]. В центральном агроклиматическом районе Республики Коми САТ 1600 °С достаточно только для получения зеленой массы кукурузы. В

последнее время в регионах России отмечены агроклиматические изменения, связанные с глобальным потеплением [18, 19]. Так, средняя линейная скорость роста САТ за 1976-2016 гг. составила 93 °С/10 лет [20]. В районе нашего исследования за последние 58 лет этот показатель возрос с 1400 до 1600 °С, а количество дней с температурой выше 10 °С – с 88 до 95. Таким образом, повышение теплообеспеченности вегетационного периода формирует возможность выращивания кукурузы на севере Нечерноземной зоны.

В результате экологического сортоиспытания установлено, что современные сортообразцы кукурузы на севере Нечерноземной зоны при САТ вегетационного периода до 1600 °С способны формировать урожайность не менее 300 ц/га, а отдельные сорта и свыше 450 ц/га зеленой массы. По содержанию сухого вещества и качественному составу биомасса кукурузы пригодна для силосования. С учетом тренда климатических изменений в регионе перспективна разработка агротехнологий, направленных на повышение полевой всхожести семян и ускорение роста растений в первые недели вегетации.

#### Литература.

1. Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub> растений: механизмы и регуляция. – М.: Мир, 1986. – 598 с.
2. Вавилов П.П., Болотова Е.С. Некоторые особенности роста и развития кукурузы в северных районах ее возделывания // Тр. Коми филиала АН СССР. – 1961. – №11. – С.57-69.
3. Агроклиматические ресурсы Коми АССР. – Спб.: Гидрометеиздат, 1973. – 136 с.
4. Кайбейянен Э.Л. Параметры световой кривой фотосинтеза у *Salix dasyclados* и их изменение в ходе вегетации // Физиология растений. – 2009. – Т. 56. – № 4. – С. 490-499.
5. Бельченко С.А., Белоус И.Н. Оценка влияния агротехники возделывания кукурузы на качество зеленой массы и силоса в условиях юго-западной части Нечерноземья // Вестник Курьской ГСХА. – 2014. – №6. – С.49-52.

6. Дуборезов В.М., Виноградов В.Н., Какоткин Е.М., Дуборезова М.Е. Продуктивность различных сортов кукурузы при возделывании на силос // *Достижения науки и техники АПК*. – 2012. – №8. – С.27-28.
7. Надточаев М.Ф., Мелеитвич М.А. Возделывание кукурузы на зерно и силос. 2013. URL: <http://agrosbornik.ru/sovremennye-resursosberegayushhie-texnologii/1140-vozdelyvanie-kukuruzu-na-zerno-i-silos.html>.
8. Троц В.Б. Фотосинтез и продуктивность одновидовых и бинарных посевов силосных культур // *Известия ТСХА*. – 2010. – Вып.3. – С.123-126.
9. Видович И.В. Формирование урожая кукурузы // *Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур*. – М.: Колос, 1984. – С.175-195.
10. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
11. Головки Т.К., Родина Н.А., Куренкова С.В., Табаленкова Г.Н. Ячмень на Севере (селекционно-генетические и физиолого-биохимические основы продуктивности). – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 155 с.
12. Швецова В.М. Фотосинтез и продуктивность сельскохозяйственных растений на Севере. – Л.: Наука, 1987. – 95 с.
13. Елисеев С.Л., Елисеев А.С. Вызревание зерна кукурузы в северных районах кукурузосеяния // *Пермский аграрный вестник*. – 2015. – №1 (9). – С.11-18.
14. Родиков С.А. Отклонение суммы активных температур от среднего многолетнего значения как оценка климатических условий вегетационного периода яблони // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2016. – №1. – С.15-17.
15. Ahmad L., Habib Kanth R., Parvaze S., Sheraz Mahdi S. Growing Degree Days to Forecast Crop Stages. In: *Experimental Agrometeorology: A Practical Manual*. Springer, Cham. 2017. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69185-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69185-5_14).
16. Lauer J. Selecting Corn Silage Hybrids. 2011. URL: <http://corn.agronomy.wisc.edu/AA/pdfs/A089.pdf>.
17. Miller P., Lanier W., Brandt S. Using Growing Degree Days to Predict Plant Stages. 2001. URL: <http://corn.agronomy.wisc.edu/AA/pdfs/A089.pdf>.
18. Амелин А.В., Петрова С.Н. Особенности изменений климата на территории Орловской области за последние 100 лет и их влияние на развитие растениеводства в регионе // *Вестник ОрелГАУ*. – 2006. – №2-3. – С.75-78.
19. Корнышев Д.С. Тенденции изменения температурного режима территории и стратегии сельскохозяйственного производства // *Известия Велюкской ГСХА*. – 2015. – №2. – С. 8-14.
20. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. – М., 2017. – 70 с.

Поступила в редакцию 24.09.18

После доработки 16.10.18

Принята к публикации 16.11.18