

УДК 631.524.825:633.15

## АНАЛИЗ МЕЖФАЗНЫХ ПЕРИОДОВ КУКУРУЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИАЦИОННО-ТЕПЛОВЫХ ФАКТОРОВ

Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ, В. А. СЕННИКОВ, А. В. ГАВАДЗЮК

(Кафедра физиологии растений  
и кафедра метеорологии)

**В полевых условиях изучалось развитие растений кукурузы (*Zea mays L.*) в зависимости от естественных радиационно-тепловых факторов. На основе компьютерного анализа полученных результатов уточнена мотивация к определению оптимальных сроков посева исследованной культуры в условиях Центрального района Нечерноземья, разработан принцип прогноза наступления отдельных фенофаз онтогенеза растений с использованием данных среднеарифметической температуры воздуха, рассчитана сумма температур, необходимая для прохождения отдельных этапов развития от всходов до цветения початка. Показана возможность использования суммы эффективных температур как косвенного показателя продолжительности прямой солнечной радиации, получаемой растением за анализируемый период.**

Роль кукурузы (*ZeamaysL.*), обладающей высоким потенциалом продуктивности [10, 12], в кормовой базе страны общеизвестна. Своевременно примененные агротехнические приемы по уходу за данной культурой позволяют в производственных условиях получить высокий урожай Желаемого качества. При этом сами сроки проведения работ обусловлены особенно-

стями онтогенеза растения. Так, у кукурузы в период всходы — появление 4-го листа происходит закладка (на стебле) на конусе нарастания листовых валиков, а с 4 — 5-го листа начинаются дифференциация конуса нарастания метелки и инициация початка в период появления 7-8-го листа [5, 9].

Отдавая должное влиянию солнечной радиации на все

земные процессы и на выращивание кукурузы, многие исследователи отмечают особую роль термических факторов при выращивании данной сельскохозяйственной культуры [3, 8, 11, 15]. В частности, указывается, чем ниже температура почвы и выше ее влажность, тем больше дней проходит от посева до всходов растений [15]. Подчеркивается, что с повышением среднесуточных температур сокращается период посев — всходы, уменьшается сумма температур, необходимая для наступления фазы всходов [8]. В ряде публикаций рекомендуется при выборе срока посева учитывать биологические особенности данной сельскохозяйственной культуры [1, 13]. Отмечается способность всходов кукурузы переносить кратковременные заморозки вплоть до  $-7,5^{\circ}\text{C}$  с последующей регенерацией поврежденных проростков [4, 14]. Отмечается [6], что для достижения фазы молочно-восковой спелости раннеспелым, среднеспелым и позднеспелым гибридам и сортам кукурузы необходима сумма среднесуточных температур (от всходов соответственно по группам) 1600, 1800, 2100 $^{\circ}\text{C}$ . Похожее заключение делается и в другой многолетней работе [10].

Даже краткий обзор приведенных выше работ отече-

ственных и зарубежных исследователей о влиянии световых и температурных условий на рост и развитие кукурузы свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения названных проблем, установления не только качественных, но и количественных критериев оценки в онтогенезе, выявления дополнительных возможностей использования данных о продолжительности солнечного сияния и температур в диагностике развития и продуктивности растений.

Объектом наших исследований были гибриды кукурузы 90-х годов селекции.

### Методика

Выращивали кукурузу в полевых условиях на участке у метеорологической обсерватории МСХА им. В. А. Михельсона. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая на покровном суглинке, окультуренная. Мощность пахотного слоя 22-25 см. Для получения большего количества статистических данных о влиянии солнечной радиации и температуры на *Zea mays* посевы проводили разновременные по срокам. 1995 г. — в 8 сроков: 5, 12 и 19 мая; 2, 9, 16, 21 и 30 июня. 1996 г. — в 10 сроков: 24 апреля, 1, 7, 17 и 29 мая; 6, 12, 19 и 26 июня; 3 июля. Ширина междурядий 0,7 м. Расстояние между растениями 0,09 м (1995 г.) и

0,07 м (1996 г.). Семена заглубляли в почву на 0,05 м с точностью  $\pm 0,005$  м.

Перед посевом семена подвергали обработке раствором перманганата калия из расчета 100 мг/л против патогенной микрофлоры. При уходе за растениями применяли агротехнику, принятую в Московской обл. В период длительного отсутствия осадков использовали ручной полив грядок из расчета 10 мм (100 м<sup>3</sup>/га). Влажность почвы поддерживали на уровне не ниже 60—65% наименьшей влагоемкости.

Наблюдения за ростом и развитием (от появления всходов до конца сбора статистических данных) вели по каждому растению индивидуально. Отмечали динамику всходов, появление очередных ярусов листьев, выметывание и цветение метелки, выбрасывание нитей початка.

Метеорологические данные за период проведения полевых исследований получали от метеорологической обсерватории им. В. А. Михельсона, расположенной на территории МСХА (широта 55°50', долгота 37°33'; высота метеоплощадки над уровнем моря 162,4 м; высота термометров для измерения температуры воздуха — 2 м). Расчеты температур (активной —  $t_a$  и эффективной —  $t_e$  вели по Ю. И. Чиркову [11]. Среднюю суточную темпера-

туру ( $t^*$ ) находили как сумму температур минимальной ( $t_{\text{мин}}$ ) и максимальной ( $t_{\text{макс}}$ ):  $t^* = (t_{\text{мин}} + t_{\text{макс}})/2$ .

### Результаты

Данные о длительности межфазных периодов развития растений кукурузы и требуемых суммах температур представлены в табл. 1. Как видно из ее анализа, для оптимизации прогноза наступления отдельных фаз развития растений можно использовать предлагаемый нами параметр — среднесуточную температуру ( $t^*$ ), рассчитанную не по срочным наблюдениям, а по экстремальным значениям (мин., макс.) за сутки. Расхождение между суммами температур по этой и традиционной методикам будет незначительным. Но в первом случае достаточно снимать показания один раз в сутки, а не принятые на метеостанциях 8, что значительно облегчает сбор и обработку данных.

Исходя из полученных результатов роста и развития кукурузы, а также затраченной суммы температур за определенный период, можно разделить исследованные нами гибриды на несколько групп в зависимости от временных особенностей прохождения ими фаз. Более раннее появление 4-го листа отмечается у Бемо 160

Таблица 1

**Число дней, взаимосвязь суммы температур средней из 8 сроков наблюдений ( $t_{\text{средн.}}$ ) и средней ( $t^*$ ), получаемой (максимальная + минимальная)/2, от всходов до наступления фазы развития растения (средняя дана по 14 срокам посева)**

Фаза развития	Чис- ло дней	$t^{\circ}\text{C}$		Чис- ло дней	$t^{\circ}\text{C}$		Чис- ло дней	$t^{\circ}\text{C}$	
		$t_{\text{средн.}}$	$t^*$		$t_{\text{средн.}}$	$t^*$		$t_{\text{средн.}}$	$t^*$
Бемо 160 МВ      Нарт 150 СВ      Краснодарский 200 СВ									
Появление 4-го листа	5,6	102	102	6	113	113	6,9	129	129
—»— 7-го —»—	16,8	298	298	18	315	315	18,9	337	337
—»— 10-го —»—	28	508	508	29	536	537	30,4	552	553
—»— метелки	45,4	821	827	51	922	929	55,1	990	998
Цветение —»—	59,4	1072	1081	65	1171	1181	68,3	1228	1239
—»— початка	62,5	1130	1139	68,1	1228	1239	71,7	1290	1303
Омский 140      Росс 191 МВ      Краснодарский 300 СВВЛ									
Появление 4-го листа	5,9	110	110	6,2	115	115	7,1	131	131
—»— 7-го —»—	17	302	302	18	321	320	18,9	339	340
—»— 10-го —»—	27,9	506	506	29	534	535	31	565	566
—»— метелки	43,9	795	800	51	925	932	63	1139	1148
Цветение —»—	56,7	1025	1033	64	1161	1171	73,5	1319	1333
—»— початка	59,7	1080	1089	68,4	1234	1246	79,4	1426	1440
Росс 142 МВ      Росс 199 МВ      Ордас									
Появление 4-го листа	6,6	123	123	6,6	124	124	6,6	123	123
—»— 7-го —»—	18	321	321	18	323	323	18,1	323	323
—»— 10-го —»—	29,1	528	529	30	544	545	29,8	543	544
—»— метелки	47,4	857	863	54	966	974	70,3	1264	1277
Цветение —»—	60,6	1096	1104	67	1201	1212	81,8	1469	1484
—»— початка	64,3	1161	1171	71,9	1294	1307	80,9	1455	1470
Посев: 1995 г. — 05.05, 12.05, 19.05, 02.06, 09.06, 16.06; 1996 г. — 24.04, 01.05, 07.05, 17.05, 29.05, 06.06, 12.06, 19.06.									

МВ, Омский 140, Нарт 150 СВ, Росс 191 МВ (1-я группа) по сравнению с гибридами той же спелости Росс 142 МВ, Росс 199 МВ и средне-спелым Ордас (2-я группа). К фенофазе 7-го листа Нарт 150 СВ и Росс 191 МВ подо-

шли почти одновременно со 2-й из вышеназванных групп. Некоторое ускорение темпов образования очередных листьев у скороспелых гибридов Бемо 160 МВ и Омский 140 свидетельствует, по нашему мнению, о необходимости вес-

ти отбор и оценку селекционного материала для северных регионов в местах планируемого их возделывания.

Сумма среднесуточных температур, требующаяся растениям кукурузы от всходов до появления 4-го листа, немного превышает  $100^{\circ}\text{C}$ . В период развития от 4-го до 7-го листа необходимая сумма температур на  $200^{\circ}\text{C}$  больше вышеназванной, а от 7-го до 10-го листа — еще на  $200^{\circ}\text{C}$  выше.

Сумма положительных температур от всходов до выбрасывания нитей початка для растений разных мест селекции (14 разновременных сроков посева) составляет в среднем  $1090^{\circ}\text{C}$  у раннеспелого гибрида (Омский 140). Для Бемо 160 МВ этот показатель равен  $1140^{\circ}\text{C}$ ; соответственно  $1170^{\circ}\text{C}$  — для Росс 142 МВ, около  $1240^{\circ}\text{C}$  — для Нарт 150 и Росс 191 МВ,  $1310^{\circ}\text{C}$  — для Росс 199 МВ. У среднераннего Краснодарский 200 СВ початок зацветает при сумме температур  $1300^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, проведение сева в Центральном районе Нечерноземной зоны в ранние сроки позволяет наблюдать наступление IX этапа органогенеза у многих раннеспелых гибридов во второй декаде июля и ранее.

Особый интерес при изучении мужского и женского гаметофита, по-видимому, должны представлять 2 пред-

ставителя из группы средне-спелых гибридов — Краснодарский 300 СВВЛ и Ордас. Предпосылкой такого мнения является то, что разница между цветением мужского и женского соцветия у первого составляет 6 дней (явно выражена протерандрия), у второго цветение початка происходит немного раньше метелки. При этом необходимая сумма температуры для наступления IX этапа органогенеза у Краснодарского 300 СВВЛ около  $1330^{\circ}\text{C}$  для метелки и  $1400^{\circ}\text{C}$  — для початка, у Ордас — соответственно  $1480$  и  $1470^{\circ}\text{C}$ .

Высокопродуктивным гибридам 90-х годов селекции требуется для цветения растения меньшая сумма положительных температур по сравнению с теми, которые выращивались в 60-80-е годы, особенно если для получения их линий в селекционном процессе использовались условия северных районов кукурузосеяния, а не южных, традиционных мест произрастания.

Эти же гибриды при посеве в ранние (оптимальные) сроки показали наибольшую продуктивность в наших опытах (табл. 2). Максимальная урожайность (воздушно-сухая масса, посев 24.04.96 г.) у Омского 140 составила  $2,34 \text{ кг/м}^2$ , в том числе масса початков —  $1,13 \text{ кг/м}^2$ . При посевах в I и II декадах мая

Таблица 2

**Урожайность (воздушно-сухая масса) раннеспелых гибридов кукурузы разных мест селекции по срокам посева в 1996 г. (кг/м<sup>2</sup>). (В числителе — масса растений, в знаменателе — масса початков)**

Гибрид	Дата посева						
	24 апреля	1 мая	7 мая	17 мая	29 мая	6 июня	12 июня
Бемо 160 МВ	<u>2,14</u>	<u>1,68</u>	<u>1,73</u>	<u>1,82</u>	<u>1,73</u>	<u>1,46</u>	<u>1,45</u>
	0,95	0,79	0,88	<b>0,88</b>	<b>0,54</b>	0,45	0,38
Нарт 150 СВ	<u>2,02</u>	<u>1,79</u>	<u>1,70</u>	<u>1,63</u>	<u>1,68</u>	<u>1,45</u>	<u>1,32</u>
	0,88	0,84	<b>0,88</b>	<b>0,64</b>	<b>0,50</b>	0,43	0,32
Омский 140	<u>2,32</u>	<u>2,21</u>	<u>2,20</u>	<u>2,30</u>	<u>2,20</u>	<u>1,68</u>	<u>1,52</u>
	<b>1,13</b>	1,05	1,02	<b>1,11</b>	<b>0,88</b>	<b>0,64</b>	0,45
Росс 142 МВ	<u>1,68</u>	<u>1,73</u>	<u>1,57</u>	<u>1,71</u>	<u>1,61</u>	<u>1,27</u>	<u>1,14</u>
	0,68	0,75	<b>0,75</b>	<b>0,64</b>	<b>0,54</b>	0,23	0,14

урожайность по початкам была больше 1 кг/м<sup>2</sup>.

Характерно снижение доли початков в наземной биомассе у гибридов, посеянных в III декаде мая — I декаде июня. Например, для Омского 140 урожайность по початкам составляла 0,88 кг/м<sup>2</sup> при посеве 29.05.96 г. и 0,64 кг/м<sup>2</sup> при посеве 06.06.96 г.

Таким образом, проведение сева в Центральном районе Нечерноземной зоны в ранние сроки позволяет растениям пройти полный цикл роста и развития.

Растения кукурузы, всходы которых появляются во II декаде мая (при холодном месяце — в III), цветут в благоприятный, теплый период; позднее похолодание, приходящееся обычно на вторую половину июля или

начало августа, не задерживает прохождения девятого этапа органогенеза. Растения ранних сроков сева имеют в запасе более 40 дней для репродуктивного периода развития до наступления раннеосенних заморозков в Центральном районе Нечерноземной зоны.

При косвенной оценке воздействия основного энергетического, регуляторно-морфогенетического внешнего фактора (продолжительность прямой солнечной радиации за определенный период времени) на растения целесообразно использовать сумму эффективных температур  $\Sigma t_3$ . Для каждой зоны и местности этот показатель свой. На основании данных метеонаблюдений МСХА и результатов наших наблюдений просле-

живается близость численных выражений  $\Sigma t_s$  (отсчет от 8-9°C по 14 срокам посева в зависимости от взятого интервала развития растений) по количеству часов солнечного сияния (табл. 3). Так, по гибриду Бемо 160 МВ  $\Sigma t_s$  (отсчет от 9°C, необходимых для цветения початка) составляет 576°C,  $\Sigma_c$  — 578 ч; для Нарт 150 СВ — соответственно 626°C и 623 ч; Росс 142 МВ — 592°C и 592 ч. Проявляемая во всех этих случаях закономерность, по нашему мнению, может применяться для расчета энергозатрат, сравнительной энергетической эффективности кукурузы и других сельскохозяйственных растений.

Из анализа табл. 3 также следует, что на этапе зрелости (с III по VII этап органогенеза: всходы — появление 7-го листа, всходы — появление 10-го листа) предпочтительно использование суммы эффективных температур выше 8°C, а на II этапе органогенеза и за промежуток времени всходы — появление и цветение метелки, початка, как и за весь период вегетации, выше 9°C. Вариационная изменчивость этих температур и продолжительность солнечного сияния не превышают процент вариации по количеству дней между периодами в развитии растений [2], вышеназванные температуры могут применяться при расче-

тах продолжительности истинного солнечного сияния, если отсутствуют данные прямых приборных измерений по гелиографу.

Полагая, что для уточнения границ перехода температур, влияющих на физиолого-морфологические признаки растительного организма, приемлем метод их определения через процент вариации и корреляционной связи сумм эффективных ( $t_s$  и активных ( $t_a$ ) температур за межфазные периоды развития растений, авторы выполнили необходимые расчеты. Результаты, представленные в виде графиков (рис. 1), свидетельствуют о правильности сделанного предположения. В частности, убеждают: процент вариации «эффективных температур» в интервале 3—8°C незначителен (наименьший — при 4-5 °C).

Возрастание вариации наблюдается с уровня эффективных температур выше 9°C. Максимум приходится на ранние периоды онтогенеза (всходы — 4-й лист, всходы — 7-й лист, всходы — 10-й лист), где варьирование при 9°C составляет (в среднем, соответственно указанным периодам) 14-18, 10—12, 10—12%. При более высоких эффективных температурах вариация существенно возрастает и при 12°C в эти же периоды находится в пределах 26-29, 21-24, 17-19%.

Т а б л и ц а 3

Возможность использования суммы эффективных температур в косвенном определении прямой солнечной радиации в период роста и развития растений (средняя дана по 14 срокам посева)

Всходы — наступление фазы развития	t°C		Солн. сия-ние, ч	t°C		Солн. сия-ние, ч	t°C		Солн. сия-ние, ч
	t*	э>8*		t*	э>8*		t*	э>8*	
	Бемо 160 МВ			Нарт 150 СВ			Краснодарский 200 СВ		
Появление 4-го листа	102	52	52	113	65	59	129	74	67
— » — 7-го — » —	298	164	159	315	174	156	337	185	166
— » — 10-го — » —	508	284	275	537	302	272	553	310	279
— » — метелки	827	464	415	929	519	468	998	558	502
Цветение — » —	1081	606	547	1181	662	597	1239	692	624
— » — початка	1139	639	578	1239	694	626	1303	729	657
	Омский 140			Росс 191 МВ			Краснодарский 300 СВВЛ		
Появление 4-го листа	110	63	54	115	65	59	131	75	68
— » — 7-го — » —	302	166	162	320	177	159	340	187	168
— » — 10-го — » —	506	284	274	535	301	271	566	318	287
— » — метелки	800	449	402	932	521	470	1148	644	581
Цветение — » —	1033	579	518	1171	657	592	1333	745	671
— » — початка	1089	611	549	1246	698	630	1440	805	726
	Росс 142 МВ			Ордас					
Появление 4-го листа	123	70	62	124	71	64	123	70	63
— » — 7-го — » —	321	177	173	323	178	160	323	178	160
— » — 10-го — » —	529	296	267	545	306	276	544	305	276
— » — метелки	863	485	437	974	545	492	1277	714	644
Цветение — » —	1104	619	559	1212	679	612	1484	830	748
— » — початка	1171	656	592	1307	732	660	1470	822	741

Обозначения температур: э — эффективная, t\* — (t<sub>макс</sub> + t<sub>мин</sub>)/2.



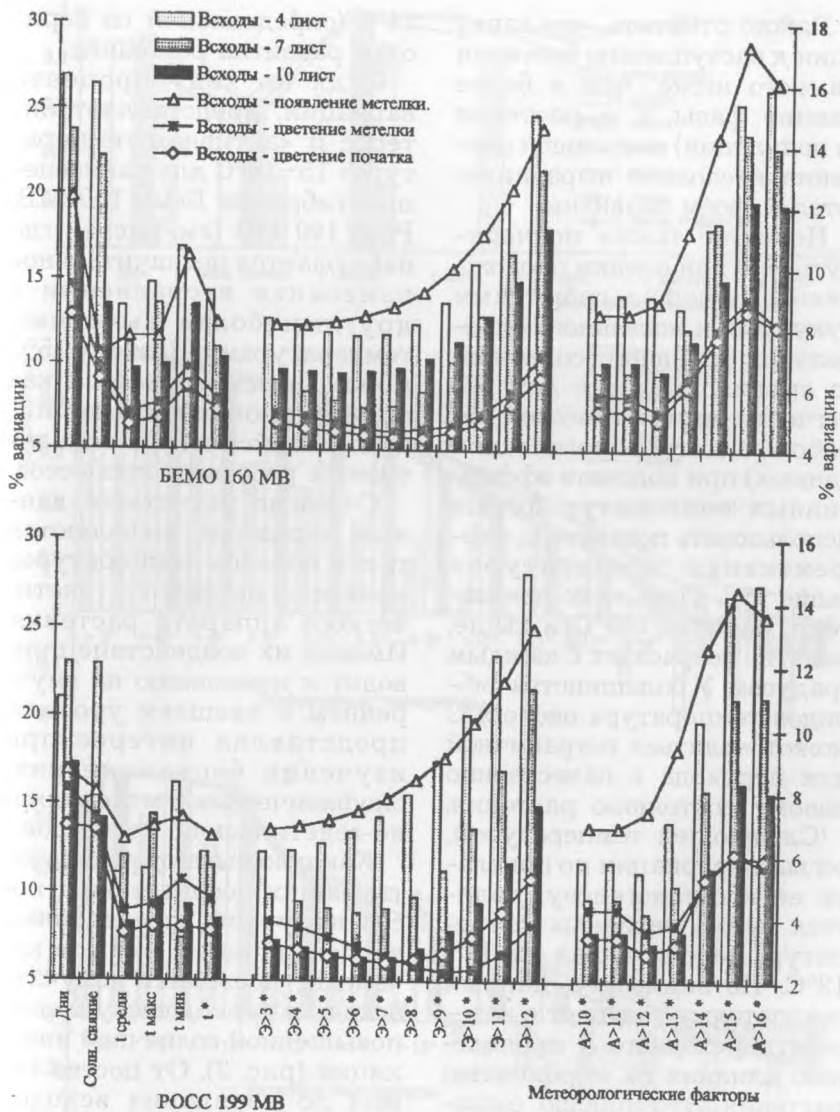


Рис. 1. Вариация метеорологических факторов в ходе онтогене- за кукурузы, 1995–1996 гг.

t — температуры: Э — эффективная, А — активная, t\* —  $(t_{\text{макс}} + t_{\text{мин}})/2$ .

Посев: 1995 г. — 5.05, 12.05, 19.05, 2.06, 9.06, 16.06; 1996 г. — 24.04, 1.05, 7.05, 17.05, 29.05, 6.06, 12.06, 19.06.

Важно отметить, что вариации к наступлению цветения намного ниже, чем в более ранние фазы, т. е. растения (в популяции) ко времени цветения несколько выравниваются в своем развитии.

Нелишне также подчеркнуть, что для оценки прохождения фенофаз гибридами кукурузы и косвенного определения истинного солнечного сияния (а также для облегчения математической обработки метеорологических данных) при подсчете эффективных температур лучше использовать показатель «эффективная температура» выше  $9^{\circ}\text{C}$ . Роль этого показателя, начиная с  $9^{\circ}\text{C}$  и выше, заметно возрастает с каждым градусом. У большинства гибридов температура около  $9^{\circ}\text{C}$  может являться пограничной для перехода к качественно новому состоянию растения.

Следующей температурой, согласно вариации по привязке ее к органогенезу, является сумма активных температур, рассчитанная от  $12$ — $13^{\circ}\text{C}$ . По-видимому, данный показатель выступает в качестве переходного к проявлению влияния на морфологию растения. Это хорошо согласуется с результатами корреляционного анализа (рис. 2), где по сравнению с  $12$ — $13^{\circ}\text{C}$  наблюдается существенное понижение связи метеорологических факторов с суммой активных температур выше

$14^{\circ}\text{C}$  (определяемой по периодам развития растений).

Судя по ходу процента вариации, представляет интерес и «активная температура»  $15$ — $16^{\circ}\text{C}$  для раннеспелых гибридов Бемо 160 МВ, Росс 199 МВ (см. рис. 1), где наблюдается незначительное изменение в сравнении с другими более высокими температурами. Поэтому  $15^{\circ}\text{C}$  можно рассматриваться как определяющий критерий, находящийся на границе активных ростовых процессов.

Согласно расчетным данным вариации, выделяются таким образом температуры, влияющие на работу генетического аппарата растения. Именно их воздействие приводит к изменению на внутреннем и внешнем уровнях, представляя интерес при изучении биохимических, биофизических и молекулярно-генетических процессов.

Как показывают результаты наших исследований, посев кукурузы, проведенный в I декаде мая и в самом начале II, позволяет получать всходы в период наступления повышенной солнечной инсоляции (рис. 3). От посева семян до появления всходов сумма среднесуточных температур на глубине  $0,1$  м составляет  $165 \pm 30^{\circ}\text{C}$ .

С одновременным появлением всходов в одном тепловом режиме, определяемом сроком посева, каждый из

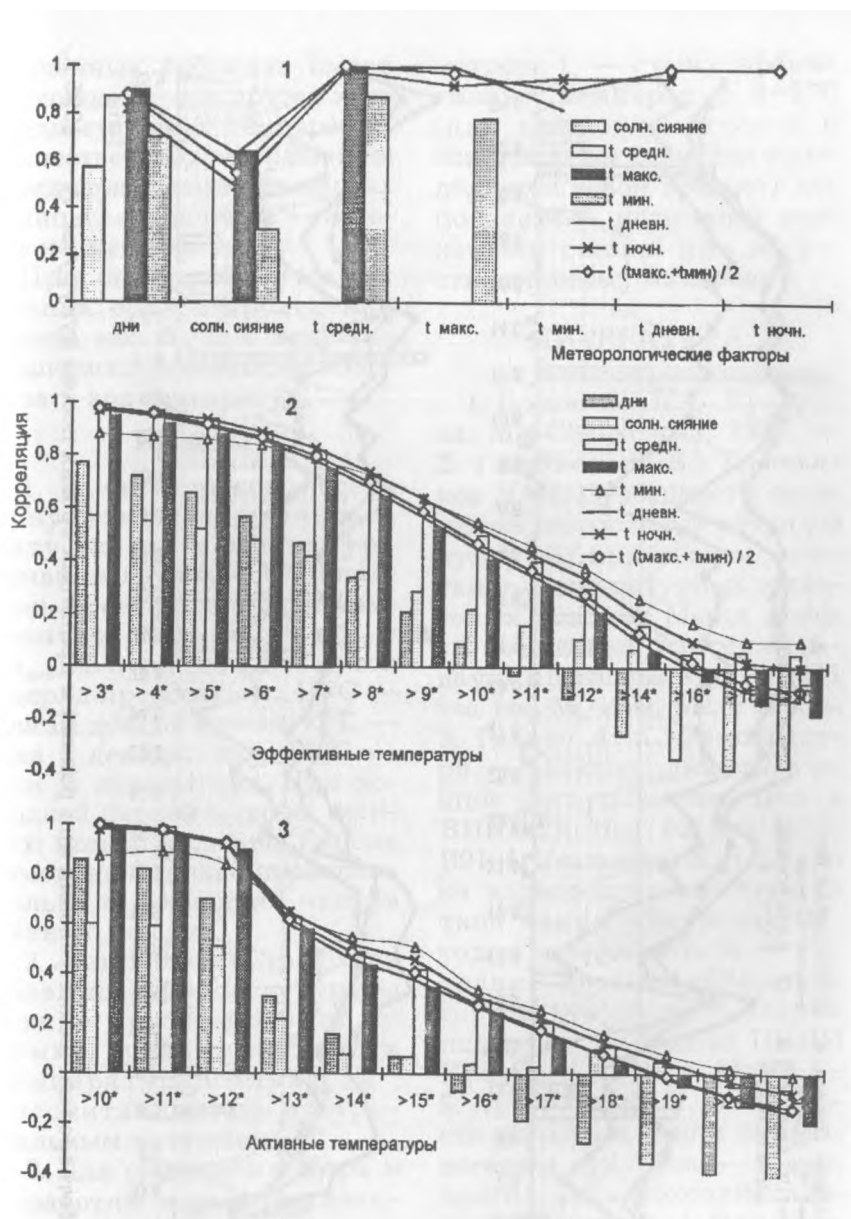


Рис. 2. Корреляционные отношения метеорологических факторов.

1 — общая, 2 — эффективные, 3 — активные температуры в ходе онтогенеза кукурузы, 1995-1996 гг.



изученных гибридов имеет расхождение при другом ходе среднесуточных температур. Существенного же различия между генотипами различных групп в период посев — всходы не выявляется.

При определении самих ранних сроков проведения посева можно, как показали наши исследования, использовать ход температур.

### Выводы

1. Ранним сроком посева кукурузы можно считать дату, когда температура почвы на глубине 0,4 м в полдень превышает 7°C, а температура воздуха  $t = (t_{\text{макс}} + t_{\text{мин}})/2$  в течение 2-3 суток подряд превосходит: 15°C — для III декады апреля, 12°C — для I декады мая, 10°C — для II декады мая. При холодной первой и очень жаркой второй половине апреля посев желательно проводить только в последних числах данного месяца.

2. Направление фенофаз развития растений кукурузы можно прогнозировать по сумме средних суточных температур воздуха  $\Sigma t^*$ , рассчитанных по экстремальным значениям.

3. Для облегчения сбора и обработки метеорологических данных можно использовать:  $t^*$  — среднесуточную температуру воздуха (1/2 суммы показаний максимального и минимального термо-

метров);  $t_s$  — сумму эффективных температур 8—9°C (для каждой местности и каждой фазы развития определяется «свой градус») как показатель истинного солнечного сияния при отсутствии прямых измерений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Белинский К. Б.* Кукуруза. М.: Сельхозгиз, 1957. —
2. *Гавадзюк А. В., Третьяков Н. Н.* Особенности онтогенеза скороспелых гибридов кукурузы при разном сочетании температурных и световых условий. Межд. конф. «Физиология растений — наука III тысячелетия». — Сб. тез. док. М., 1999, т. 2, с. 258. —
3. *Глянко А. К.* Температура — фактор, лимитирующий рост, развитие. Деп. в ВИНТИ 10.07.91, № 2919-В91. —
4. *Ивахненко А. Н.* Оценка холодостойкости проростков семян кукурузы методом полевого опыта. — Создание новых гибридов и сортов кукурузы и озимой пшеницы. М.: Изд-во ЦНИИ Кукуруза, 1976, с. 34—40. —
5. *Куперман Ф. М.* Особенности развития, роста и органогенеза кукуруза. — Физиология сельскохозяйственных растений / Под ред. Б. А. Рубина. М.: Изд-во МГУ, 1969, т. 5, с. 51-100. —
6. *Сидоров Ф. Ф.* Выращивание кукурузы с початками на

- силос в Северо-Западной зоне. М.: СХГ, 1962. — **7.** *Степанов В. Н.* Отношение с.-х. растений полевой культуры к термическому фактору среды. Докт. дис. М., ТСХА, 1950. — **8.** *Третьяков Н. Н.* Биологические основы агротехники кукурузы в центральных районах Нечерноземной зоны. Докт. дис. М., 1970. — **9.** *Третьяков Н. Н.* Влияние различных удобрений и площади питания на урожай зерна и силосной массы кукурузы. М.: ТСХА, 1954. — **10.** *Третьяков Н. Н.* Кукуруза в Нечерноземной зоне. М.: Колос, 1974. — **11.** *Чирков Ю. И.* Агрометеорология. JL: Гидрометеиздат, 1979. — **12.** *Шевелуха В. С.* Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992. — **13.** *Harper G. L., Pnyllis A., Lansragin A.* — Plant and Soil, 1955, vol. 1, № 4, p. 127-131. — **14.** *Keating B. A. and Wafula B. M.* — Field Crops Res, 1992, vol. 29, p. 163—176. — **15.** *Willis W. O., Larson W. E., Kirkham D.* — Agron J., 1957, vol. 49, N 6, p. 235-238.

*Статья поступила  
10 декабря 2001 г.*

#### SUMMARY

Data on field experiments in which development of corn plants (*Zea mays* L.) depending on natural radiation-heat factors was studied are presented. On the base of computer analysis of the results obtained, motivation for determining optimum time for sowing the investigated crop in Central region of Non-chernozem zone has been defined more exactly, the principle of forecasting the onset of some phenophases of plant ontogenesis using data of air temperature has been worked out, the sum of temperatures necessary for passing some stages of development from sprouts to earcorns has been calculated. The possibility is shown to use the sum of efficient temperatures as indirect index of length of direct sun radiation obtained by plant during the analyzed period.