

УДК 633.63:631.547(470.312)

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСЕВОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РСФСР

З. И. УСАНОВА

(Кафедра растениеводства)

На основании комплексного многолетнего (1965—1974 гг.) изучения особенностей формирования продуктивных посевов сахарной свеклы в условиях южных районов Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР предложено новое деление периода активной вегетации растений первого года жизни на отдельные этапы, различающиеся по своим параметрам и функциям. Дана характеристика этапов развития посева, показаны взаимосвязи выходных показателей продуктивности с параметрами посева в динамике, а также зависимость этих показателей от метеорологических факторов. Приведены системы уравнений регрессии, которые можно использовать при программировании урожайности и в целях прогноза.

В Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР сосредоточено более 80 % всех посевов сахарной свеклы в Нечерноземной зоне РСФСР. Эта культура — одна из немногих полевых культур, способных формировать наиболее совершенную структуру ценоза и вследствие этого производительнее использовать природные ресурсы зоны [3, 6, 7, 13, 14]. Однако урожайность сахарной свеклы в регионе пока остается низкой. К причинам низкой урожайности следует отнести несовершенство применяемых методов выращивания, что, в свою очередь, связано с недостаточной теоретической обоснованностью особенностей создания ее продуктивных посевов.

В данной работе рассматриваются особенности развития и функционирования посева сахарной свеклы как динамической фотосинтезирующей системы в условиях Центрального Нечерноземья.

### Методика и условия исследований

Работа проводилась в экспериментальных севооборотах отдела земледелия Тульской государственной сельскохозяйственной опытной станции в 1965—1974 гг. на сильновыщелоченных среднесуглинистых черноземах. Агрохимическая характеристика пахотного слоя следующая: содержание гумуса по Тюрину — 5,7—6,4 %, подвижных форм фосфора по Чирикову — 6,9—14,9 мг, калия по Масловой — 8,3—23,30 мг на 100 г, рН<sub>сол</sub> — 5,1—5,5, гидролитическая кислотность по Каппену — 4,7—5,8, сумма поглощенных оснований — 30,4—34,1 мг-экв на 100 г, степень насыщенности основаниями 84,5—86,5 %.

Наблюдения за развитием посева вели в течение 10 лет. В статье приводятся данные только по лучшим вариантам опыта: размещение растений по схеме 27 см (вырез) X 18 см (букет) с 2 растениями в букете (1965—1968 гг.) и посев на конечную густоту (12 клубочков на 1 пог. м) с последующим вдольрядным прореживанием и проверкой (1969—1974 гг.) [10, 11]. Повторность опытов 4-кратная, общая площадь делянки 400—540 м<sup>2</sup>, учетная — 50—100 м<sup>2</sup>. Расположение вариантов рендомизированное.

Для анализа отбирали по 20—40 расте-

ний с варианта через каждые 12—15 дней. Площадь листьев определяли весовым методом [12], ЧПФ — по формуле Бригса, Веста и Кидда [5], ФП посева — подекадно и в сумме за вегетацию методом графического интегрирования [5, 12], КПД ФАР — как частное от деления значений энергии фитомассы на сумму ФАР, поступающей в период ее формирования. Приход ФАР рассчитывали по прямой и рассеянной радиации с помощью построения гистограмм [4, 9]. Калорийность 1 кг сухой фитомассы принята равной 15,1 МДж (3620 ккал) [3]. Сахаристость корнеплодов определяли оптическим методом. Данные об изменении метеорологических факторов получали с метеостанции «Плавск», находящейся на территории опытной станции, о приходе ФАР — с метеостанции «Советск», удаленной от места исследований на расстояние не более 50 км. Для корреляционного и регрессионного анализов использовали ЭВМ ЕС-1022.

Опыты проводили на хорошо окультуренных полях с точным соблюдением лучших приемов агротехники. Предшественник свеклы в севооборотах — озимая пшеница, высеваемая по удобренному навозом занятому или чистому парам. Минеральные удобре-

<sup>1</sup> В проведении опыта в отдельные годы принимали участие научные сотрудники Е. А. Большакова и Л. А. Рерих.

ния — 68—90N60—120P60—90К вносили осенью под вспашку зяби, а 8N20P и 8К — в рядки при посеве сеялкой 2СТСН-6А. С учетом последствия внесенных под предшественники удобрений количество NPK было достаточным для получения урожая корнеплодов 400 ц/га. Все это позволило приблизить к оптимальным условия питания и структуру ценоза. Нерегулируемыми оставались метеорологические факторы — приход ФАР, увлажнение, температурный режим. Таким образом, в работе рассматривалось функционирование посева сахарной свеклы при оптимальной агротехнике. Высевали районированный гибрид Ялтушковский.

Особенности роста и развития сахарной свеклы в первый год жизни изучались в различных зонах свеклосеяния. При этом, как правило, выделяются 3 периода роста и развития растений [1], которые впер-

вые были обоснованы Д. Н. Прянишниковым [8]. Такое разделение дает представление об особенностях накопления урожая сахарной свеклы, но недостаточно для динамической характеристики ценоза применительно к условиям возделывания в разных зонах. При изучении развития и функционирования посева сахарной свеклы как динамической саморегулирующейся фотосинтезирующей системы применен новый методологический подход, предложенный Г. Г. Гатаулиной [2].

Годы исследований различались по основным метеорологическим показателям как в целом за вегетацию, так и по отдельным ее периодам (табл. 1). Наиболее засушливым и жарким был вегетационный период 1972 г. (осадков 56% нормы), влажным и умеренно теплым — 1973 г. (осадков 126 % нормы).

## Этапы формирования урожая

Многолетние исследования развития и функционирования посева сахарной свеклы в динамике позволили нам выделить 5 периодов — этапов формирования урожая, различающихся по параметрам и функциям. За основные критерии выделения периодов были приняты особенности роста листьев и создания общей ассимилирующей поверхности ценоза, обуславливающей весь ход функционирования посева как динамической саморегулирующейся производительной системы.

Т а б л и ц а 1

Изменение метеорологических факторов по периодам вегетации сахарной свеклы в различные годы

Показатель	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	в среднем
I период											
T	15,3	16,4	15,8	13,6	13,4	15,2	17,8	18,0	16,1	12,0	15,4
ФАР	9,1	9,8	10,2	9,1	9,0	9,7	11,2	10,2	9,2	7,8	9,5
Ос	80	29	42	20	61	30	38	44	43	109	50
II период											
T	16,8	16,5	17,0	19,3	15,9	18,4	17,2	23,3	17,7	17,4	18,0
ФАР	9,5	9,6	9,8	11,3	9,6	9,7	8,9	10,3	8,8	9,5	9,7
Ос	84	74	60	33	72	72	86	44	114	167	81
III период											
T	15,2	19,9	18,0		14,5	15,5	17,9	18,3	22,3	17,0	17,6
ФАР	7,8	10,0	10,1	7,2	8,7	8,2	8,0	8,5	6,7	8,9	8,4
Ос	91	41	47	113	101	74	30	0,3	159	31	69
IV период											
T	12,8	16,1	16,9	18,0	14,5	13,2	13,2	15,9	9,5	13,0	14,3
ФАР	5,1	8,2	6,0	7,8	5,2	5,4	5,8	5,8	5,0	6,8	6,1
Ос	15	41	74	20	32	27	98	31	52	5	40
V период											
T	5,7	8,8	10,7	9,4	6,1	6,1	10,1	—	—	14,1	8,9
ФАР	3,3	7,7	4,6	4,5	3,9	4,1	3,4	—	—	3,4	4,4
Ос	5	15	10	55	20	7	4	—	—	0	11
I—V периоды											
T	14,5	16,1	16,1	15,4	13,6	15,9	16,2	19,9	15,1	14,7	15,7
ФАР	7,6	9,2	8,4	8,3	7,5	8,1	8,2	8,7	7,5	8,0	8,1
Ос	274	200	233	241	286	210	256	119	368	312	250

П р и м е ч а н и е. T — средняя температура за период, град.; ФАР — суммарная, МДж/м<sup>2</sup> в сутки; Ос — сумма осадков за период, мм.

Фотосинтетическая деятельность посева сахарной свеклы по периодам его развития  
(среднее за 1965—1974 гг.)

Показатель	Период					
	I	II	III	IV	V	I—V
Продолжительность периода, сут	31	30	31	31	10,4	133,4
Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	1,95	15,2	36,4	41,4	26,2	24,7
ФПП, тыс. м <sup>2</sup> ·сут/га	62	472	1129	1282	314	3259
Прирост фитомассы, ц/га:						
сухой	4,2	29,4	57,1	35,8	13,4	139,9
сырой	46,9	262,9	369,6	132,4	3,2	815,1
вт. ч.:						
листьев	39,5	195,8	209,7	21,2	—27,0	439,2
корнеплодов	7,4	67,1	159,9	111,3	30,2	375,9
Выход сахара за период, ц/га	0,28	6,3	25,3	24,6	7,0	63,5
Суточный прирост фитомассы, кг/га:						
сухой	13,4	97,9	184	116	129	108
сырой	150,7	848,5	1192	428	105	611
вт. ч.:						
листьев	126,9	631,9	676	68	—191	329
корнеплодов	23,8	216,6	516	359	296	282
Выход сахара за сутки, кг/га	0,91	20,2	81,5	79,2	41,7	47,6
Прирост фитомассы на 1 м <sup>2</sup> листьев в сутки, г:						
сухой (ЧПФ)	1,2	7,6	6,4	3,6	3,6	5,8
сырой	81,6	63,9	40,0	12,1	4,1	25,0
в т. ч. корнеплодов	13,2	18,4	17,6	10,4	10,1	11,5
Выход сахара на 1 м <sup>2</sup> листьев в сутки, г	0,53	1,76	2,88	2,30	1,60	1,94
Суточный прирост:						
площади листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	0,13	0,75	0,64	—0,29	—0,39	0,18
сахаристости, %	0,130	0,151	0,160	0,090	0,069	0,130
массы 1 корня, г	0,32	2,96	6,51	5,14	4,03	3,43
КПД ФАР, %	0,22	1,56	3,32	3,26	4,01	2,02

В первые 28—35 дней после всходов (I период) идет медленное увеличение площади листьев. Растения формируют корневую систему и образуют 3—4 пары сближенных розеточных листьев. Одновременно разрастается листовая пластинка (в среднем до 70 см<sup>2</sup>). Суточные приросты площади листьев минимальны (табл. 2). Этот период отличается высокой ЧПФ и сравнительно быстрым ростом сахаристости корнеплода. Главная функция посева — формирование ассимилирующей поверхности и корневой системы растений.

В последующие 30 дней вегетации (II период) образуется наибольшее количество листьев, максимально разрастается листовая пластинка, площадь листьев посева к концу периода увеличивается в 6—7 раз, а суточные приросты ее — в 5—6 раз. Этот этап характеризуется быстрыми темпами накопления сухой фитомассы, в основном за счет роста листьев, усиливающимися темпами роста корнеплодов, быстрым повышением их сахаристости, но медленным накоплением сахара посевам в расчете на гектар. В этот период максимального значения достигают ЧПФ и суточные приросты сырой массы корнеплода на единицу площади листьев. Главная функция посева — формирование ассимилирующей поверхности и построение корнеплода как емкости для запаса сахара.

В 3-й месяц вегетации (III период) темпы появления новых листьев и разрастания листовой пластинки снижаются вдвое по сравнению с предыдущим, уменьшаются суточные приросты площади ассими-

лирующей поверхности. Это период наибольшей интенсивности всех продукционных процессов, что выражается в максимальных суточных приростах сырой и сухой фитомассы листьев и корнеплода, сахаристости и выхода сахара. ЧПФ ниже, чем во II период, а суточные приросты сахара на единицу площади листьев самые высокие. Продукты фотосинтеза почти в одинаковой мере направляются на формирование листьев и корнеплодов, Кхоз становится больше 0,5. Главная функция посева — накопление урожая сухой фитомассы, преимущественно корнеплодов, накопление сахара в расчете на 1 га.

В IV период (примерно 4-й месяц вегетации) темп образования новых листьев не снижается, но начинается более интенсивное отмирание первых листьев. Прирост массы зеленых листьев сокращается по сравнению с предыдущим периодом почти в 3, а размер листовой пластинки — в 2 раза. Листовой индекс к концу периода уменьшается примерно на 20 %, а доля листовых пластинок в общей массе листьев — в 1,5—1,7 раза. Этот этап характеризуется значительным снижением ЧПФ и темпов накопления суммарного урожая сухой и сырой фитомассы. Весь прирост урожая сухой массы обеспечивается за счет корнеплода, суточные приросты сухой массы которого достигают максимального значения. Темпы прироста сахаристости корнеплода снижаются, а накопление сахара в расчете на 1 га остается на уровне III периода. Коэффициент использования солнечной энергии по сравнению с III периодом уменьшается незначительно. Главная функция посева — накопление урожая сухой массы корнеплодов и сахара.

При ранних сроках посева вегетация свеклы продолжается еще 10—20 дней (до 1—10 октября). Это V период, когда происходит более интенсивное сокращение листовой поверхности в результате усыхания нижних и медленного роста листовых пластинок молодых листьев. ЧПФ и суточные приросты урожая сухой фитомассы остаются на уровне предыдущего периода, значительно сокращаются темпы роста корнеплодов, накопления сахара в них. Главная функция посева — накопление сахара в расчете на 1 га и сухой массы корнеплода.

### **Взаимосвязи параметров посева с показателями его продуктивности в период вегетации**

Продуктивность посева в конечном счете определяется размерами ассимилирующей поверхности и мощностью ФПП [5, 6]. От них зависят многие показатели фотосинтетической деятельности и продуктивности посева во времени. Так, ЧПФ снижается с повышением мощности ФПП на всех этапах развития посева, наиболее отчетливо это проявляется в IV период ( $r = -0,859$ ). Зависимость среднего за вегетацию значения ЧПФ ( $Y$ ) от ФПП ( $X$ ) выражается уравнением линейной регрессии

$$Y = 7,84 - 0,888X, \quad (1)$$

$$r = -0,944, \quad d = 89,1\% \quad F = 57,81, \quad t = -7,55.$$

Увеличение площади листьев в I и II периоды положительно влияет на накопление сухой фитомассы общего урожая и корнеплодов. В III и IV периоды чрезмерный рост площади листьев отрицательно сказывается на приростах сухой фитомассы, в том числе корнеплодов, в этом случае снижается коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза. Отрицательное влияние увеличения мощности ФПП на К хоз СИЛЬнее всего проявляется в IV период ( $r = -0,833$ ).

Конечные количественные и качественные показатели продуктивности посева в различной степени зависят от мощности ФПП в разные этапы функционирования посева (табл. 3).

Установлено, что в южных районах Центрального Нечерноземья из всех выходных показателей продуктивности посева наиболее надежную связь с ФПП ( $X$ ) имеет суммарный урожай сырой фитомассы ( $Y$ ). Уравнение регрессии (2) можно с большой надежностью использовать при программировании урожая в регионе:

Коэффициенты парной корреляции ( $r$ ) между урожаем, его структурой и качеством и показателями фотосинтетической деятельности посевов сахарной свеклы за 10 лет

Показатель	Период	Урожай			Выход сахара, ц/га	Масса одного корнеплода, г	Сахаристость корнеплода, %	$K_{\text{хоз}}$	Индекс массы ботвы:корне
		фитомассы		корней, т/га					
		сухой, ц/га	сырой, т/га						
Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га (макс.)	IV	0,325	0,841	0,167	-0,301	-0,459	-0,454	-0,650	0,819
ФПП, млн. м <sup>2</sup> ·сут/га	I	0,597	0,823	0,790	-0,506	0,092	-0,674	0	0,762
	II	0,697	0,967	0,360	-0,323	0,064	-0,690	-0,955	0,800
	III	0,379	0,678	0,193	-0,239	-0,129	-0,422	-0,610	0,606
	IV	0,393	0,812	0,234	-0,306	-0,396	-0,493	-0,711	0,743
ЧПФ, г/м <sup>2</sup> ·сут	I-V	0,579	0,931	0,279	0,078	-0,285	-0,616	-0,782	0,827
	I-V	0,160	-0,661	-0,155	0,115	0,261	0,395	0,632	0,555

$$Y = 47 + 10,41X, \quad (2)$$

$$r = 0,931, d = 86,7 \%, F = 52,33, t = 7,22.$$

Наиболее сильная зависимость суммарного урожая сырой фитомассы от ФПП проявляется во II период, уравнение регрессии (3) можно использовать для прогноза урожайности:

$$Y = 59,13 + 47,91X, \quad (3)$$

$$r = 0,967, d = 93,6 \%, F = 101,58, t = 10,07.$$

Конечный урожай сырой фитомассы находится в более тесной связи с суточными приростами его в I и II периоды ( $r=0,870$  и  $r=0,795$ ), что подчеркивает необходимость создания наилучших условий для продуцирования посева на ранних этапах его развития.

Суммарный урожай сырой фитомассы среди других выходных показателей продуктивности отличается более сильной, но отрицательной связью с ЧПФ (табл. 3).

Урожай сухой фитомассы меньше зависит от параметров посева, что обусловлено разным участием в его накоплении надземной массы и корнеплодов. Наиболее значимый вклад вносят здесь III и IV этапы, в это время наблюдаются наибольшие приросты сухой массы корнеплодов.

Индекс массы ботва : корнеплод ( $Y$ ) в конце V периода находится в положительной зависимости от параметров посева на всех этапах его развития. Наиболее сильная она на II этапе. Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 0,778 - 0,207X, \quad (4)$$

$$r = -0,955, d = 91,3 \%, F = 73,16, t = -8,60.$$

Уравнения (3) и (4) надежны для прогноза ожидаемой урожайности корнеплодов.

Проведение корреляционного и регрессионного анализов позволило установить сильную связь конечного урожая корнеплодов с ФПП в I период ( $r=0,790$ ). Множественное уравнение регрессии зависимости урожайности корнеплодов от ФПП I и II периодов также можно использовать для прогноза:

$$Y = 31,71 + 256,6X_1 - 21,45X_2, \quad (5)$$

$$R = 0,976, D = 95,3 \%, r_1 = 0,790, r_2 = 0,360,$$

$$r_{1.2} = 0,886, F = 60,83.$$

Общий урожай сырой фитомассы, корнеплодов, прирост сахаристости (% к сырой массе) во времени имеют разную взаимосвязь с пара-

метрами развивающегося посева. Так, суммарный прирост сырой фитомассы в конце каждого периода почти в одинаковой мере зависит от параметров посева предыдущего и текущего этапов, однако урожай в конце II и IV этапов в большей мере определяется уровнем ФПП текущего, а в конце III — предыдущего этапа. Прирост корнеплодов в конце III этапа зависит главным образом от параметров посева во

II период, что еще раз подтверждает важность этого этапа развития посева как подготовительного для III периода, когда все производственные процессы достигают максимума.

Сахаристость корнеплода находится в устойчивой отрицательной связи с параметрами посева (табл. 3). Однако суточный ее прирост в IV период имеет положительную, хотя и слабую ( $r = 0,122$ ) связь с ФПП. Поэтому сильное сокращение площади листьев в этот период снижает темпы накопления сахара в корнеплоде.

Связь конечного выхода сахара в расчете на 1 га с суммарным за вегетацию ФПП положительная и менее сильная, чем у других показателей продуктивности, в силу сложной функциональной зависимости этого показателя от массы и сахаристости корнеплода, густоты стояния. Выход сахара определяется в большей степени массой корнеплодов и их урожаем, чем сахаристостью. Поэтому увеличение мощности ФПП в I и II периоды повышает, а усиление роста площади листьев в III и IV снижает темпы накопления сахара в расчете на 1 га посева.

### Влияние метеорологических факторов на развитие посева и показатели его продуктивности

Изменчивость параметров посева в период вегетации и выходных показателей его продуктивности в значительной степени обусловлена влиянием метеорологических факторов (табл. 4), а в южных районах Центрального Нечерноземья, где в первом минимуме находится влагообеспеченность посевов, — главным образом, влиянием количества осадков как в целом за вегетацию ( $V=29,5\%$ ), так и на отдельных этапах развития посева ( $V=44,5 \div 73,9\%$ ). Наиболее близка варьированию суммы осадков изменчивость по годам сырой фитомассы ( $V=28,6\%$ ), что подтверждается тесной корреляционной зависимостью этих показателей (табл. 5).

Увеличение количества осадков в целом за вегетацию и в отдельные периоды повышает интенсивность ростовых процессов, мощность ФПП, суммарную продуктивность посевов, КПД ФАР.

Таблица 4

Показатели конечной продуктивности, фотосинтетической деятельности посевов и метеорологические факторы (в среднем за 10 лет)

Показатель	$\bar{x}$	$s_x$	V, %
.Метеорологические факторы в период посев — уборка			
Сумма ФАР, МДж/м <sup>2</sup>	1212,1	37,5	9,8
» температур >5°. град.	2248	60,8	8,6
» осадков, мм	271	25,3	29,5
Продуктивность посевов			
Сырая фитомасса, т/га	77	6,95	28,6
Сухая » , ц га	134,7	9,52	22,4
Корнеплоды, т/га	35,8	2,17	19,2
Выход сахара, ц/га	63,1	3,05	15,3
Масса корнеплода, г	435	34,4	25,0
Сахаристость, %	17,9	0,79	13,9
$K_{\text{хоз}}$	0,67	0,02	10,8
Индекс массы ботва : корнеплод	1,13	0,13	35,2
Средняя площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	23	4,4	60,2
ФПП, млн. м <sup>2</sup> •сут га	3,02	0,55	57,2
ЧПФ, г м <sup>2</sup> сут	5,25	0,53	32,2

**Зависимость показателей конечной продуктивности  
и фотосинтетической деятельности посевов от метеорологических факторов  
за 10 лет**

Показатель	Период	Коэффициенты корреляции			
		множественной		парной, <i>r</i>	
		<i>R</i>	<i>D</i>	приход ФАР, МДж <sup>2</sup> м <sup>1</sup> • сут	сумма осадков, мм
Урожай сырой фитомассы (корнеплоды+листья), т/га	I	0,133	1,8	—0,100	0,102
	II	0,558	31,1	—0,471	0,527
	III	0,445	19,8	—0,388	0,418
	IV	0,259	6,7	—0,251	0,109
	I—V	0,840	70,6	—0,450	0,840
Сахаристость корнеплодов, %	I	0,043	0,2	—0,021	0,042
	II	0,455	19,8	0,140	—0,424
	III	0,571	32,6	0,453	—0,558
	IV	0,272	7,4	0,236	—0,178
	I—V	0,655	42,9	0,403	—0,654
Выход сахара, ц/га	I	0,429	18,4	0,165	—0,382
	II	0,214	4,6	—0,026	—0,149
	III	0,735	54,0	0,446	0,156
	IV	0,626	39,2	0,437	0,358
	I—V	0,713	50,8	0,630	—0,032
Урожай корнеплодов, т/га	I—V	0,547	29,9	0,117	0,372
Урожай сухой фитомассы, т./га	I—V	0,612	37,4	—0,266	0,604
Кхов	I—V	0,693	48,0	0,694	—0,571
Индекс массы ботва : корнеплод	I—V	0,958	91,8	—0,723	0,929
ЧПФ, г/м <sup>2</sup> •сут	I—V	0,803	64,5	0,396	—0,800
ФПП, млн. м <sup>2</sup> сут/га	I—V	0,812	65,9	—0,436	0,812
Средняя площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	I—V	0,862	74,3	—0,519	0,830

Наибольшее влияние на формирование площади листьев и ФПП оказывают осадки во II и III периоды. Зависимость площади листьев в конце III периода (*K*) от суммы осадков во II ( $X_1$ ) и III ( $X_2$ ) периодах выражается уравнением регрессии

$$Y = 0,43X_1 + 0,50X_2 - 28,45. \quad (6)$$

$$R = 0,872, D = 76,0 \%, r_1 = 0,822, r_2 = 0,839.$$

$$F = 9,52, t_1 = 3,82, t_2 = 4,07.$$

Влияние количества осадков на параметры посева значительно сильнее, чем среднесуточной температуры воздуха. Варьирование средней за вегетацию площади листьев посева ( $V=60\%$ ) и ФПП ( $V=57\%$ ) обусловлено в основном изменчивостью суммы осадков в III период ( $V=57,4\%$ ).

Посевы сахарной свеклы слабо используют солнечную радиацию в I и II периоды, что объясняется сравнительно медленным формированием листьев посева. В это время отмечается наиболее сильная прямая корреляция КПД ФАР с ФПП ( $r_1 = 0,833, r_2 = 0,958$ ). Повышение мощности ФПП на первых двух этапах развития посева в результате улучшения влагообеспеченности в сравнительно теплые годы увеличивает КПД ФАР. Это свидетельствует о необходимости ранних поливов (в конце I периода) с целью получения максимальных урожаев корнеплодов и выхода сахара. Повышение влагообеспеченности в годы с недостатком тепла в это время не увеличивает ассимилирующую поверхность и приросты фитомассы.

Интенсивность ФАР оказывает наибольшее положительное влияние на показатели продуктивности посева в III и IV периоды: повышает ЧПФ и суточные приросты сухой фитомассы на единицу площади посева. Зависимость этих показателей от интенсивности ФАР в III периоде выражается парными коэффициентами  $r=0,476$  и  $r=0,641$ , а в IV —  $r=0,504$  и  $r=0,171$ . Конечная сахаристость корнеплода и уро-

жай сахара также находятся в наиболее тесной положительной связи с интенсивностью ФАР в те же периоды (табл. 5).

Установленное наиболее сильное положительное влияние интенсивности ФАР в III периоде на продуктивность посева является теоретическим обоснованием ранних сроков сева сахарной свеклы, при которых этот этап формирования урожая совпадает с периодом лучшей теплообеспеченности и радиационного баланса зоны.

### Заключение

Посев сахарной свеклы необходимо рассматривать как сложную динамическую фотосинтезирующую систему, формирование параметров которой во времени и все производственные процессы находятся в сложной взаимосвязи и подвержены влиянию изменений метеорологических факторов.

В южных районах Центрального Нечерноземья I и II периоды развития посевов являются наиболее ответственными этапами для формирования урожая свеклы. Увеличение площади листьев и ФПП в это время оказывает наиболее сильное положительное влияние на конечные показатели продуктивности — урожай сырой и сухой фитомассы, корнеплодов, сахаристость их, индекс массы ботва : корнеплод. На указанных этапах значения ЧПФ наибольшие.

В годы с теплыми и сухими 1-м и 2-м месяцами вегетации свеклы (примерно в 50 % лет) достижение оптимальных параметров площади листьев (30—35 тыс. м<sup>2</sup>/га) можно ускорить на 10—15 дней путем улучшения влагообеспеченности посевов. Следовательно, в этих условиях целесообразно применять ранние поливы (в конце 1-го месяца вегетации).

Выходные показатели параметров посева во II период близки к оптимальным, поскольку изменение ФПП в III периоде в больших пределах ( $V_p=37\%$ ,  $V=92,6\%$ ) не оказывает существенного влияния на продуктивность посева ( $r=-0,001$ ).

В III период развития посева достигают максимальных значений суточные приросты сырой и сухой фитомассы, корнеплодов, сахара и КПД ФАР. Посев полностью перестраивается на запасание продуктов ассимиляции в корнеплоде, значение  $K_{хоз}$  становится больше 0,5. Производственные процессы III периода в наибольшей степени зависят от метеорологических факторов. Усиливается зависимость от интенсивности ФАР и ослабевает от ФПП.

Полученные системы уравнений регрессии можно использовать при программировании урожайности в регионе и для ее прогнозов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов П. П. Сахарная свекла. — В кн.: Растениеводство. М.: Колос, 1979, с. 199—247. — 2. Гатаулина Г. Г. Интродукция люпина белого в связи с проблемой белка (биолог, агротехн., селек., аспекты). — Автореф. докт. дис. М., 1984. — 3. Жданов Н. Х., Набиуллин Р. М., Хазипова Н. А. Использование солнечной энергии посевами с.-х. культур. — В кн.: Пути повышения урожайности с.-х. культур. Уфа, 1979, с. 27—31. — 4. Молдау Х. А., Россю. К., Тооминг Х. Г. и др. Географическое распределение фотосинтетически активной радиации (ФАР) на территории европейской части СССР. — В кн.: Фотосинтез и вопр. продуктивности растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 149—158. — 5. Ничипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. — В кн.: Тимирязевское чтение. М.: Изд-во АН СССР, 1956, с. 1—93. — 6. Ничипорович А. А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах. — В кн.: Фотосинтез и вопр. продуктивности растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 5—36. — 7. Новиков А. А. Особенности формирования высоких урожаев сахарной свеклы в Центральном районе Нечерноземной полосы. — Автореф. докт. дис. М., 1971. — 8. Прянишников Д. Н. Сахарная свекла. Частное земледелие — Избр. соч. Т. 2. М.: Изд-во с.-х. литер., журн. и плак., 1963, с. 106—178. — 9. Тооминг Х. Г., Гуляев Б. И. Методика измерения фотосинтетически активной радиации. — М.: Наука, 1967. — 10. Усанова З. И. Способы формирования густоты насаждения односемянной сахарной свеклы при возделывании ее с минимальными затратами ручного труда. — В кн.: Тр. Тульской гос. с.-х. оп. станции. Тула: Приокское кн. изд-во, 1972, Т. 3, с. 252—285. — 11. Усанова З. И., Большакова Е. А. Разрешенный

посев сахарной свеклы при возделывании ее с минимальными затратами ручного труда. — В кн.: Тр. Тульской гос. с.-х. оп. станции. Тула: Приокское кн. изд.-во, 1976. Т. 5, ч. 1, с. 96—110. — **12.** Шатилов И. С., К а ю м о в М. К. — Программа и методика постановки опытов и проведения

исследований по программированию урожаев полевых культур. М., 1976. — **13.** Шульгин И. А. Растение и солнце. Л.: Гидрометеиздат, 1973, с. 56—72. — **14.** Watson D. I. — Annals of Botany, 1958, vol. 22, N 85, p. 37—54.

*Статья поступила 12 февраля 1986 г.*

## SUMMARY

As a result of complex investigating for many years (1965—1974) the specific features of sugar beet productive stand formation in southern areas of the central region of non-chernozem zone (Russian Federation), a new principle of dividing the active vegetation period in the first-year plants into certain stages was suggested; these stages differ in their parameters and functions. The description of developmental stages of the stand, the interconnection between the initial characteristics of productivity and the dynamic stand parameters, as well as variations of these features with meteorological factors are presented in the paper. The systems of regression equations which may be used in programming yields and in forecasting are given.