

УДК 633.416:631.811.98

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СВЕКЛЫ ПЕРВОГО ГОДА ВЕГЕТАЦИИ
РАСТВОРАМИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Н. С. АРХАНГЕЛЬСКИЙ, В. М. КОСТРИКИН, Л. В. ЛУЗИК,
Ф. П. ДУРНЕВ, В. Н. АРХАНГЕЛЬСКИЙ**

(Кафедра растениеводства)

Многолетние опыты с кормовой свеклой показали, что эффективность регуляторов роста зависит от времени суток в момент обработки ими посевов, а также от метеорологических условий, складывающихся после применения физиологически активных соединений. Прибавка урожайности корнеплодов, получаемая от использования регуляторов роста, прямо коррелирует с уровнем урожайности в контроле и суммой осадков в течение 30—40 дней после обработки и находится в обратной зависимости от средней температуры за тот же период.

Результаты многолетних исследований кафедры растениеводства Тимирязевской академии [2, 3, 4, 10, 12, 17] показали, что кормовая и сахарная свекла в Нечерноземной зоне положительно реагирует на ре-

гуляторы роста растений только в тех случаях, когда их применяют на строго определенных этапах онтогенеза. У растений 1-го года вегетации первый такой этап совпадает с началом периода интенсивного роста после завершения «линьки» корня. Фенологическим признаком его наступления служит появление первого одиночного (7-го по счету) настоящего листа. Применение в эту критическую фазу растворов физиологически активных соединений способствует, по-видимому, установлению более благоприятного соотношения между активаторами и ингибиторами, оказывает влияние на меристему и обуславливает усиление роста растений. Во 2-й год жизни аналогичный эффект наблюдается при использовании активаторов роста в начале фазы бутонизации. Как в 1-й, так и во 2-й год вегетации приемлемая для кормовой, столовой и сахарной свеклы концентрация бутилового эфира 2,4-Д составляет 0,0002 %, нафтеновых кислот — 0,004 % по действующему началу. Сходный эффект дают микродозы и других регуляторов роста. Преждевременная и запоздалая обработки растворами физиологически активных соединений в оптимальных концентрациях не дают положительного результата и даже могут сопровождаться снижением урожайности и семенной продуктивности свеклы.

Период, когда целесообразно применять те же соединения, но в более высокой концентрации для достижения ингибирующего воздействия на растения, совпадает с окончанием интенсивного прироста биомассы и началом усиленного накопления углеводов в 1-й год вегетации свеклы. Как показали дополнительные эксперименты с вырезанием конуса нарастания в разные сроки [3], положительная реакция растений при торможении роста ювенильных листьев в центре розетки при помощи регуляторов прежде всего связана, видимо, с экономией затрат и перераспределением продуктов синтеза. По средним многолетним данным [2, 4, 5, 10, 14, 17], в Нечерноземной зоне этот второй «перелом» у наиболее распространенного урожайного сортотипа Эккендорфская желтая календарно совпадает с началом третьей декады августа. У свеклы разных сортотипов вторая критическая фаза проходит в разное время и отмечается от 15 августа до 4 сентября [5]. В начале периода усиленного накопления углеводов наиболее эффективно применение бутилового эфира 2,4-Д на ингибирующем уровне, т. е. в концентрации 0,004 %. Сходные результаты получаются при использовании 2,4-Д и 2, 4, 5-Т в тех же концентрациях для обработки свеклы 2-го года жизни в начале фазы молочной спелости. При этом (по аналогии с задержкой роста молодых листьев в центре розетки у растений 1-го года вегетации) тормозится рост многочисленных слабых побегов III порядка ветвления, на которых, как правило, формируются мелкие соплодия с низкой всхожестью. Указанное действие дополняется химическим прореживанием завязей в периферической зоне плодоношения [3]. Как и растения 1-го года жизни, семенники свеклы отрицательно реагируют на раннюю и запоздалую обработку регуляторами роста. Временную обусловленность положительного влияния физиологически активных соединений подтверждают также эксперименты английских ученых [22, 24].

Эффективность и направление действия физиологически активных соединений (2,4-Д, 2, 4, 5-Т, ГМК, нафтеновых кислот, хлорхолинхлорида, хвойного экстракта и мочевины) зависят от многих факторов, но в первую очередь от возраста и состояния растений, почвенно-климатических условий, времени обработки и концентрации [2—4].

Для ростовой реакции растений важно не только абсолютное содержание фитогормонов, но и их количественное соотношение [11, 15]. Содержание естественных фитогормонов в растениях определяется условиями внешней среды. Оно зависит от водного режима [1], температуры [21], уровня азотного [6], а также фосфорного и калийного питания [20]. В результате экзогенного применения гиббереллина и ауксина изменяется баланс эндогенных фитогормонов [25]. Повышение концентрации экзогенных регуляторов роста до некоторого предела не вызывает изменения ответной реакции растений. Значительное увели-

чение их концентрации приводит к торможению процессов роста, а при дальнейшем ее возрастании — к гербицидному эффекту.

Согласно теории Ю. В. Ракитина [18], стимуляция, торможение и гербицидный эффект, наблюдаемые при обработке растений химическими агентами, являются следствием соответствующего изменения соотношений токсического действия химических веществ и активного (защитного) противодействия живой системы, направленного на детоксикацию этих веществ и преодоление нарушений метаболизма. В процессе детоксикации жизнедеятельность организма активируется. И. И. Гунар [8] усматривает связь между стимуляцией и раздражимостью растений. По его мнению, фитогормоны участвуют в восприятии и передаче раздражений. Обе теории предполагают проявление действия регуляторов роста только в определенной фазе развития растений и при определенных условиях.

В Нечерноземной зоне РСФСР на фоне довольно низкого почвенного плодородия, повышенной кислотности почв и недостаточно высокой суммы биологически активных температур создаются неблагоприятные условия для развития свеклы — типичной культуры средиземноморского ареала. Не исключено, что в указанных условиях у свеклы нарушается баланс между эндогенными активаторами и ингибиторами роста. По всей видимости, эффект от своевременного применения экзогенных регуляторов роста в посевах свеклы (в критические фазы онтогенеза) находится в соответствии с законом минимума. Восполнение недостатка эндогенных регуляторов роста в растениях путем использования конкурентов, заменителей или предшественников их образования, согласно экспериментальным данным кафедры растениеводства ТСХА [2, 3, 4, 5, 10, 12, 14, 17], позволяет обеспечить достаточно высокий уровень урожайности корнеплодов и сбора сухого вещества в Нечерноземной зоне, который, однако, лишь несколько приближается к нормальному уровню продуктивности свеклы 1-го и 2-го года жизни в условиях более благоприятного светового и теплового режима Черноземной зоны.

Среди факторов, влияющих на эффективность действия физиологически активных соединений, в частности 2,4-Д, важную роль играет и выбор времени суток для обработки. Так, при относительной влажности воздуха 95 % поступление 2,4-Д в растения в 3—4 раза выше, чем при влажности 60% [13]. Высокая влажность воздуха стимулирует передвижение 2,4-Д по ксилеме [23]. Роса не является препятствием для обработок, действие галоидфеноксикислот при этом не изменяется. Установлено, что дождь, прошедший спустя 1 ч после обработки, не влияет на эффективность эфиров 2,4-Д [7]. Скорость проникновения 2,4-Д в растения при опрыскивании непостоянна в течение суток: в ранние утренние часы и после захода солнца она выше, чем в полуденные, что, по-видимому, связано с большей влажностью воздуха и лучшей оводненностью листьев [16]. При пониженных температурах токсичность 2,4-Д уменьшается [19]. Наши опыты показали, что обработка свеклы бутиловым эфиром 2,4-Д днем в жаркую погоду не дает того эффекта, который достигается при опрыскивании посевов в вечернее время после захода солнца и выпадения росы или днем в пасмурную погоду (табл. 1).

По нашим наблюдениям, в сравнительно засушливых условиях ЦЧО и в засушливые годы в Нечерноземной зоне степень повышения урожайности свеклы 1-го года жизни при использовании физиологически активных соединений намного меньше, чем при нормальном водообеспечении. Данных по этому вопросу в литературе нет.

В целях выявления зависимости между эффективностью применения регуляторов роста в посевах свеклы и водообеспечением были обработаны материалы опытов, проведенных Н. С. Архангельским с сотрудниками [2, 4, 5, 10, 14, 17]. Для соблюдения принципа единственного различия в выборку включались данные об урожайности наиболее распространенного сорта Эккендорфская желтая, полученные в условиях Московской области. Из метеорологических показателей для ана-

Урожайность кормовой свеклы (ц/га) при обработке ее посевов
бутиловым эфиром 2,4-Д в начале периода усиленного накопления углеводов
в разное время суток

Время обработки в течение суток, ч	1979	1980	1981	1983	1984	В среднем	Прибавка к контро- лю, %
Контроль	675	524	666	588	770	645	—
3	842	639	760	805	795	768	19,1
6	828	609	698	735	935	761	18,0
9	789	595	703	756	903	749	16,1
12	756	583	652	616	714	664	2,9
15	732	558	696	749	795	724	12,1
18	768	565	743	749	795	724	12,3
21	797	617	764	686	819	737	14,3
24	814	607	739	756	833	750	16,3
НСР ₀₅	63	53	32				

лиза использовали количество осадков и среднюю температуру воздуха по декадам. Анализировались сведения, собранные за ряд лет, об изменении урожайности кормовой свеклы под влиянием обработки нефтенными кислотами (НК) в начале периода усиленного роста (начало появления 7-го листа) и обработки бутиловым эфиром 2,4-Д в ингибирующей концентрации в начале периода интенсивного накопления углеводов (середина августа). Математическая обработка данных проводилась методом корреляционного анализа [9].

После того как данные были сгруппированы по уровню урожайности в контроле, выяснилось, что чем выше урожайность контрольных растений, тем соответственно большую прибавку в абсолютном выражении обеспечивает августовская обработка 2,4-Д, хотя разница в процентах при этом уменьшается (табл. 2). При урожайности корнеплодов

Таблица 2

Урожайность кормовой свеклы сортотипа Эккендорфская (ц/га)
при обработке ее посевов бутиловым эфиром 2,4-Д (0,004 %) в начале периода
интенсивного накопления углеводов в условиях Московской области

Год	Средняя уро- жайность в контроле по группе, ц/га	Контроль	2,4-Д	Разница по отношению к контролю		
				ц/га	средняя по группе	
					ц/га	%
Группа 1						
1976		284	342	+58	82	27,0
1966	303	322	428	+106		
Группа 2						
1967		402	456	+54	83	19,8
1974	414	421	477	+56		
1978		434	572	+138		
Группа 3						
1976		502	557	+55	80	15,0
1980	533	524	587	+63		
1965		572	694	+122		
Группа 4						
1983		642	682	+40	115	17,4
1972		649	755	+106		
1981	660	666	768	+102		
1977		670	819	+149		
1979		675	854	+179		
Группа 5						
1973		816	966	+150	134	15,6
1973	861	844	998	+154		
1984		922	1020	+98		

Прибавка урожая корнеплодов, средняя температура и количество осадков
в течение месяца после обработки свеклы нафтеновыми кислотами
в начале фазы 7-го листа

Год	Прибавка, ц/га (x)	Осадки, мм (y)	Средняя температура, °С (z)	Год	Прибавка, ц/га (x)	Осадки, мм (y)	Средняя температура, °С (z)
1972	-96	53	23,5	1973	+78	65	18,2
1966	-32	59	19,6	1973	+79	65	18,2
1967	+16	35	18,1	1965	+158	164	17,0
1974	+44	81	18,6	Средние многолетние	—	80	17,7

$$r_{xy} = +0,69; r_{xz} = -0,87; R_{xyz} = 0,96.$$

в контрольном варианте около 300 ц/га превышение составило в среднем 82 ц/га (+ 27 %), а при урожайности 860 ц/га оно достигло 134 ц/га (+16%). Очень показательно, что относительно наиболее сильная положительная реакция растений на своевременное торможение роста молодых листьев наблюдалась при самой низкой урожайности в контроле в неблагоприятных условиях.

Корреляция между урожайностью контрольных растений и прибавкой валового урожая корнеплодов при обработке свеклы 2,4-Д в начале периода интенсивного накопления углеводов характеризуется коэффициентом $r = +0,68$ ($r_{05} = 0,58$). Из этого следует, что повышение урожайности под действием 2,4-Д будет значительным при хорошем развитии свеклы перед обработкой.

Урожайность как контрольных, так и обработанных регуляторами роста растений в значительной степени определяется метеорологическими условиями в период вегетации. Анализ этой зависимости показал, что уровень прибавок урожайности, полученных при обработке растений, коррелирует с количеством осадков и температурой. Коэффициент корреляции (по данным табл. 3 и 4) между прибавкой урожая корнеплодов при использовании нафтеновых кислот в фазе появления 7-го листа и количеством осадков был равен 0,69, а между прибавкой и средней температурой после обработки составил -0,87. Множественный коэффициент корреляции (R) между прибавкой и совместным действием температур и осадков равнялся 0,96. Взаимосвязь между этими признаками значима на 5 % уровне. Судя по значению коэффициента множественной детерминации ($R^2=0,92$), размер прибавки урожайности

Таблица 4

Прибавка урожая корнеплодов, количество осадков и средняя температура за период от обработки свеклы 2,4-Д в августе до уборки

Год	Прибавка, ц/га (x)	Осадки, мм (y)	Средняя температура, °С (z)	Год	Прибавка, ц/га (x)	Осадки, мм (y)	Средняя температура, °С (z)
1983	40	46,4	12,8	1966	106	90	10,4
1967	48	108	12,5	1972	106	127	13,4
1975	55	73	14,3	1978	110	81	11,0
1976	55	42	10,5	1965	122	91	11,9
1974	56	33	15,4	1978	138	81	11,0
1976	58	42	10,5	1973	150	109	10,9
1980	63	49	10,7	1973	154	109	10,9
1985	67	118	12,1	1979	179	108	11,7
1984	98	129	12,6	Средние многолетние	—	87	11,7
1981	102	126	10,8				
1982	103	62	11,8				

$$r_{xy} = +0,53; r_{xz} = -0,34; r_{yz} = -0,074; R_{xyz} = 0,81; R_{xyz}^2 = 0,66.$$

(даже при условии использования нафтеновых кислот в оптимальную фенофазу) на 92 % определяется температурой и осадками.

При торможении роста молодых листьев ингибирующей концентрацией 2,4-Д в начале периода интенсивного накопления углеводов взаимосвязь между прибавкой урожая и метеорологическими условиями, складывающимися после обработки, была аналогична описанной выше, хотя значение коэффициента детерминации при этом оказалось более низким. Представляет интерес то обстоятельство, что в среднем на 1 ц прибавки урожая корнеплодов при обработке кормовой свеклы сорта типа Эккендорфская желтая бутиловым эфиром 2,4-Д в середине августа приходится примерно 1 мм осадков в период от опрыскивания растений до уборки.

Расчеты корреляционных связей между относительной разницей в урожаях корнеплодов в опытных вариантах по сравнению с контролем и средней температурой, а также количеством осадков (за весь период вегетации) не выявили определенных закономерностей. Значимой оказалась лишь связь между прибавкой урожайности в абсолютном выражении и метеорологическими условиями, складывающимися в период после применения физиологически активных соединений (30—40 дней после обработки).

При использовании 2,4-Д в фазу появления 7-го листа не прослеживалось корреляционной связи между прибавками урожая корнеплодов и метеорологическими условиями в период от обработки посевов до уборки. Не выявлено корреляционной зависимости и между урожайностью посевов кормовой свеклы, обработанных после прохождения «линьки» корня, и уровнем температур и осадков в течение месяца после обработки. Это позволяет считать применение ростативирующей концентрации 2,4-Д в начале образования 7-го листа универсальным приемом, эффективным практически в любых условиях сезона.

Важным фактором, способным оказать большое влияние на эффективность действия регуляторов роста растений, является состояние ассимиляционного аппарата. В наших опытах ограничение роста молодых листьев в центре розетки сопровождалось задержкой старения крупных листьев и повышением урожайности свеклы во все годы исследований, за исключением 1977 г., когда обработка проводилась после сильного поражения листьев минирующей мухой [5]. Вместе с тем в одновременно проведенных производственных испытаниях в совхозе «Сельская жизнь» на пойме р. Лопасня Ступинского района Московской области при отсутствии поражения листьев этим вредителем урожайность кормовой свеклы после такой же обработки была на 30 % выше, чем в контроле (670 ц/га).

Выводы

1. Прибавка урожая корнеплодов кормовой свеклы, обрабатываемой физиологически активными соединениями, зависит от метеорологических условий; в абсолютном отношении она прямо коррелирует с урожайностью в контроле.

2. Наибольшее увеличение урожайности свеклы при обработке посевов нафтеновыми кислотами в фазе появления 7-го листа и бутиловым эфиром 2,4-Д в середине августа наблюдалось в тех случаях, когда в течение месяца после применения этих соединений стояла прохладная погода и выпадало большое количество осадков.

3. При использовании бутилового эфира 2,4-Д в фазу появления 7-го листа в условиях Нечерноземной зоны РСФСР не отмечено корреляционной связи между прибавками урожая корнеплодов и метеорологическими условиями в период обработки до уборки.

4. Обработку посевов свеклы физиологически активными соединениями рекомендуется проводить рано утром, в вечернее время или при пасмурной погоде.

1. А л е к с е е в В. А. Влияние водного режима на продукцию ауксинов и рост растений. — Докл. АН СССР, 1951, т. 81, с. 93—96. — 2. Архангельский Н. С. Приемы управления ростом кормовой и сахарной свеклы первого года жизни. — Докл. ТСХА, 1967, вып. 131, с. 57—60. — 3. Архангельский Н. С., Рами Кафф Аль Газаль Рами. Семенная продуктивность биотипов односемянной сахарной свеклы. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 5, с. 31—41. — 4. Архангельский Н. С. Сахарная свекла на Опытной станции полеводства. — Докл. ТСХА, 1972, вып. 180, 4. 1, с. 131—147. — 5. Архангельский Н. С., Кострикин В. М., Зайдель К. Л. Влияние обработок физиологически активными соединениями на урожайность и качество корнеплодов кормовой свеклы. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 5, с. 49—58. — 6. Бойчук О. Б. Влияние уровня азотного питания на содержание ростовых веществ в органах томата. — сб.: Ростовые вещества и их роль в процессах роста и развития растений. Л.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 76—83. — 7. Бородина Т. Р., Соколов М. С., Филимонов Д. А. Применение системных гербицидов для борьбы с сорняками риса. — Сельское хоз. за рубежом (растениеводство), 1965, № 4, с. 28—33. — 8. Г у н а р И. И. Проблема раздражимости растений и дальнейшее развитие физиологии растений. — Изв. ТСХА, 1953, вып. 2, с. 3—26. — 9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. — 10. Зайдель К. Л. Применение физиологически активных соединений в агротехнике свеклы разных сортобразов. — Автореф. канд. дис. М., 1975. — 11. Калинин Ф. Л., Мережинский Ю. Г. Регуляторы роста растений. Биохимия действия и применение. Киев, Наукова думка, 1965. — 12. Кафф Аль Газаль Рами. Химическая пинцировка семенников односемянной сахарной свеклы разных биотипов. — Автореф. канд. дис. М., 1971. — 13. Киселев В. Е. О поглощении, передвижении и выделении 2,4-D (¹⁴C) у растений. — В сб.: Физиологические механизмы адаптации и устойчивости растений. Ч. I. Новосибирск: Наука, 1972, с. 228—243. — 14. Кострикин В. М. Урожайность и качество корнеплодов кормовой свеклы при использовании физиологически активных соединений в условиях Нечерноземной зоны. — Автореф. канд. дис. М., 1979. — 15. Мельников Н. Н., Баскаков Ю. А. Химия гербицидов и стимуляторов роста растений. М.: Госхимиздат, 1954. — 16. Павлова Н. Н. Оценка методов анализа галоидфеноксикислот в связи с изучением поведения этих веществ в растениях. — Автореф. канд. дис. М., 1968. — 17. Положенцев В. П. Применение физиологически активных соединений в агротехнике кормовой свеклы первого и второго года вегетации в Нечерноземной зоне. — Автореф. канд. дис. М., 1978. — 18. Ракитин Ю. В. Управление жизнедеятельностью растений. — М.: Знание, 1956. — 19. Чкаников Д. И., Соколов М. С. Гербицидное действие 2,4-D и других галоидфеноксикислот. — М.: Наука, 1973. — 20. Якушкина Н. И., Воронина Л. Н. Влияние питания растений на содержание в них естественных гормонов. — Агротехника, 1968, № 10, с. 77—83. — 21. Biswas P. K., Rogers M. N. — *Physiol. plant.*, 1963, vol. 16, N 2, p. 311—314. — 22. Byford W. J., Prince I. — *J. Agr. Sci.*, 1976, vol. 86, N 6, p. 135—139. — 23. Clor M. A., Crafts A. S., Jamacuchi E. — *Plant Physiol.*, 1963, vol. 38, p. 501—507. — 24. Lenton J. R., Milford G. F. J. — *Pestic. Sci.*, 1977, vol. 8, N 3, p. 224—229. — 25. Yonnis M. E., Eltigani S. — *Acta agron. Acad. Sci. hung.*, 1977, vol. 26, N 1—2, p. 89—103.

Статья поступила 4 сентября 1986 г.

SUMMARY

Long-term experiments with fodder beet have shown that the efficiency of growth regulators depends on the time of the day when treatment or sowing is done, as well as on meteorological conditions after application of physiologically active compounds. Yield increase in root crops (centners/hectare) resulting from application of growth regulators is in direct correlation with the yield rate in the control and with the total amount of rainfall during 30—40 days after the treatment, and in inverse relationship with the average temperature during the same period.