

УДК 633.416:631.811.98

ПРОДУКТИВНОСТЬ, КАЧЕСТВО И СОХРАНЯЕМОСТЬ КОРМОВОЙ СВЕКЛЫ ПРИ РЕГУЛЯЦИИ ОНТОГЕНЕЗА

**В. И. БОНДАРЬ, Н. С. АРХАНГЕЛЬСКИЙ,
Л. Г. ИВАНИШКИН**

(Кафедра растениеводства)

Приводятся данные о влиянии активаторов и ингибиторов роста на продукционный процесс, величину урожая кормовой свеклы, ее качество и сохраняемость. Показано, что действие активаторов роста на продукционный процесс связано с форсированием фотосинтетической активности растений в период наибольшей их отзывчивости на усиление роста. Эффективность ингибиторов роста обусловлена оптимизацией распределения ассимилятов между двумя конкурирующими аттрагирующими центрами: корнеплодом и молодыми листьями на завершающем этапе вегетации.

Фитогормоны представляют собой не только важный фактор жизни растений, но и являются главной системой регуляции роста и развития. Баланс фитогормонов, количественное соотношение между активаторами и ингибиторами, свободными и связанными формами определяют скорость, направленность, локализацию, масштабность ростовых процессов [1—7] и, как результат, величину, качество и сохраняемость урожая. Как внутренний физиологичес-

кий фактор гормональная система регуляции у растений саморегулятивна. Однако в пределах нормы реакции она может быть подвержена изменению под внешним воздействием, что позволяет контролировать продукционный процесс.

Целью данного исследования являлось изучение продукционного процесса, возможности увеличения урожая, улучшения качества корнеплодов и их сохраняемости при регуляции онтогенеза кормовой свеклы.

Методика

Исследования проводились в 1994—1999 гг. на опытном поле Калужского филиала МСХА с кормовой свеклой сорта Экендорфская желтая. Почва опытных участков дерново-подзолистая супесчаная. Содержание в почве гумуса — 1,1—1,3%, подвижного фосфора — 25—30, обменного калия — 10—12 мг/100 г, $pH_{\text{сол.}}$ — 5,6—6,5.

Посев проводили в первой декаде мая. Норма высева 300—400 тыс. соплодий (6—8 кг) на 1 га при лабораторной всхожести 80—90%. Ширина междурядий 70 см, окончательная густота стояния 70 тыс. растений на 1 га. Технология возделывания общепринятая.

Регуляторы роста растений применяли на активизирующем и ингибирующем уровнях. Активация роста осуществлялась в начале периода интенсивного роста растворами ИУК (0,0001%), 2,4-Д (0,0002%), фузикоцина (0,000002%) и крезацина (0,004%), а торможение — в начале периода интенсивного накопления сухого вещества растворами ИУК (0,05%), 2,4-Д (0,004%), НУК (0,004%) и ГК₃ (0,001%), которые наносились на растения мелкодисперсным ручным опрыскивателем; расход рабочего раствора эквивалентен 200 л/га.

Наблюдения, учеты и анализы проведены по общепринятым методикам (ВИК, ВНИС, Б. А. Доспехов).

Результаты

Метеорологические условия в годы исследований были неодинаковыми. По влагообеспеченности вегетационные сезоны варьировали от засушливых до увлажненных. Однако даже в годы с обильным приходом осадков в целом за вегетацию их дефицит приходился на период интенсивного роста, когда потребность растений во влаге максимальная. Это отрицательно сказывалось на продукционном процессе и в первую очередь на величине урожая. К тому же конкуренция растений за влагу усиливала пестроту корнеплодов по массе, размерам и содержанию сухого вещества.

В целом выявлен положительный эффект регуляторов роста в отношении продукционного процесса, уровня, качества и сохраняемости урожая. И активаторы и ингибиторы роста способствовали оптимизации фотосинтеза, но на его ход, масштабность и направленность влияли по-разному (табл. 1).

Как показали исследования, площадь листьев являлась ключевым звеном в системе возделывания корнеплодов.

Таблица 1

**Фотосинтетическая деятельность кормовой свеклы в период
интенсивного роста под воздействием активаторов
(Среднее, 1994—1999 гг.)**

Показатель	Конт- роль	ИУК (0,0001%)	2,4-Д (0,0002%)	Фузикок- цин (0,000002%)	Крезацин (0,004%)
Площадь листьев:					
тыс. м ² /га	29,7	34,5	31,2	32,9	33,3
%	100	116	105	111	112
ФП, тыс. м ² /га•дн	2079	2415	2184	2303	2331
ЧПФ:					
г/м ² •сут.	3,66	3,93	3,85	3,78	3,86
%	100	107	105	103	105
Суточный прирост сухой биомассы:					
ц/га	0,76	0,95	0,84	0,87	0,90
%	100	125	111	114	118
Сбор сухой биомассы, ц/га (за вегетацию)	76,0	94,7	84,1	87,4	89,7
КПД ФАР:					
%	1,04	1,30	1,15	1,20	1,23
раз (за вегетацию)	1,00	1,25	1,11	1,15	1,18

Активация роста в фазу 7-го листа приводила к увеличению ассимиляционной поверхности, обеспечивая увеличение площади фотосинтетического аппарата в среднем до 4,8 тыс. м²/га, или на 16% в сравнении с контролем. Каждый процент роста усваивающей поверхности листьев фотосинтетического аппарата обеспечивал, примерно, 1,5% прибавки сбора сухой биомассы.

В результате активации роста сезонный ход изменения листовой поверхности с

максимумом в конце августа смещался на более ранний период сроком до 6 дней. За счет увеличения размеров листовой поверхности и смещения сезонного хода приход ФАР в течение периода интенсивного роста увеличивался в среднем на 10%. Более значительная часть почвенной влаги в этот период участвовала в продукционном процессе.

Важнейшим фактором регулирования продуктивности фотосинтеза при активации роста является ФП, кото-

рый зависит от площади листьев. Под воздействием активаторов в первую очередь увеличивалась фотосинтетическая мощность среднего яруса наиболее продуктивных листьев. В этом случае превышение ФП над контролем достигало 336 тыс. м²•дн/га.

Фотосинтетическая продуктивность определяется произведением ФП и ЧПФ, т. е. сбором сухого вещества. Поэтому очень важно увеличить обе эти величины. Однако ЧПФ в зависимости от активаторов роста изменялась незначительно — до 7%. В то же время увеличение суточного прироста сухого вещества достигало 0,19 ц/га, или 25%. Следовательно, продуктивность фотосинтеза в период интенсивного роста после его активации в основном находится под контролем ФП.

Особенности фотосинтетической деятельности кормовой свеклы под воздействием ингибиторов роста обусловлены в первую очередь возрастным состоянием растений в складывающихся внешних условиях. При постепенном затухании фотосинтетической активности на завершающем этапе вегетации площадь листьев заметно уменьшается. Как показали результаты исследований, при использовании ингибито-

ров роста уменьшалась ассимиляционная поверхность вследствие ускорения отмирания старых листьев, отработавших свой ресурс, и появления молодых, являющихся акцепторами ассимилятов. Так, площадь листьев в сравнении с контролем уменьшалась с 18,8 до 15,9 тыс. м²/га, составляя 85% к контролю (табл. 2).

На завершающем этапе вегетации фотосинтетическая деятельность совершалась при уменьшении ФП. Под воздействием ингибиторов роста на 7—10 дней задерживается старение листьев. Так, в лучшем варианте по суточному приросту сухого вещества (0,41 ц/га) ФП был самым низким — 716 тыс. м²•дн/га. что меньше контроля на 15%. Увеличение ЧПФ в этом случае достигало 0,77 г/м²•сут., или на 43%. Это объясняется интенсификацией накопления сухой биомассы наиболее жизнедеятельными листьями-донорами при одновременном ограничении образования листьев-акцепторов и усилением оттока ассимилятов из гидролизованных структур цитоплазмы стареющих листьев.

В отношении фотосинтетической продуктивности и эффективности, оцениваемых соответственно по сбору сухого вещества и КПД ФАР,

Таблица 2

Фотосинтетическая деятельность кормовой свеклы в период интенсивного накопления сухого вещества под воздействием ингибиторов (Среднее, 1994—1999 гг.)

Показатель	Контроль	ИУК (0,05%)	2,4-Д (0,004%)	НУК (0,004%)	ГК ₃ (0,001%)
Площадь листьев: тыс. м ² /га	18,8	17,4	16,3	15,9	18,6
%	100	93	87	85	98
ФП, тыс. м ² /га•дн	846	783	734	716	837
ЧПФ: г/м ² •сут.	1,81	2,07	2,39	2,58	1,99
%	100	114	132	143	110
Суточный прирост сухой биомассы: ц/га	0,34	0,36	0,39	0,41	0,37
%	100	106	115	121	109
Сбор сухой биомассы, ц/га (за вегетацию)	76,0	76,9	78,4	79,2	77,4
КПД ФАР: %	1,04	1,05	1,07	1,08	1,06
раз (за вегетацию)	1,00	1,01	1,03	1,04	1,02

активация роста имела некоторое преимущество перед торможением. Статистически доказуемые прибавки по этим показателям при активации в лучшем варианте были примерно в 1,2 раза выше, чем при торможении. Главным образом это связано с более продолжительным воздействием активаторов и лучшей отзывчивостью растений на усиление продукционного процесса из-за возрастного состояния.

Следует отметить, что эффект от применения регуляторов роста по показателям фотосинтетической деятельности в значительной степе-

ни зависел от складывающихся метеорологических условий. Что касается активаторов, то в умеренных влажных условиях в период интенсивного роста растений возрастала эффективность препаратов синтетического происхождения, а в жарких засушливых — биогенного. Среди ингибиторов в относительно теплых условиях в период интенсивного накопления сухого вещества более эффективными являлись регуляторы синтетического происхождения, а в более прохладных — эффективность действия всех регуляторов снижалась примерно одинаково.

Регуляция роста кормовой свеклы оказывала сильное влияние на продуктивность растений, качество корнеплодов и структуру урожая (табл. 3 и 4).

Как видно из табл. 3, активаторы роста положительно воздействовали на урожай корнеплодов и сбор сухого вещества, значительно

меньше влияя на структуру урожая и содержание сухого вещества в корнеплодах. В среднем за годы исследований статистически доказуемую прибавку по показателям продуктивности обеспечили варианты ИУК (0,0001%) и крезацин (0,004%). Урожай корнеплодов и сбор сухого вещества в этом слу-

Т а б л и ц а 3

Влияние активаторов роста на продуктивность, качество и структуру урожая кормовой свеклы (Среднее, 1994—1999 гг.)

Вариант	Урожай ^в корнеплодов		K _{хоз}	Сухое: вещество		
	ц/га	%		содержание, %	сбор	
					ц/га	%
Контроль	357	100	0,69	15,0	53,6	100
ИУК (0,0001%)	451	127	0,70	15,0	67,7	126
2,4-Д (0,0002%)	393	110	0,69	15,1	59,3	111
Фузикоцин (0,000002%)	413	116	0,69	14,9	61,5	115
Крезацин (0,004%)	421	118	0,69	15,0	63,2	118
НСР ₀₅	61	17	—	—	7,8	15

Т а б л и ц а 4

Влияние ингибиторов роста на продуктивность, качество и структуру урожая кормовой свеклы (Среднее, 1994—1999 гг.)

Вариант	Урожай корнеплодов		K _{хоз}	Сухое: вещество		
	ц/га	%		содержание, %	сбор	
					ц/га	%
Контроль	357	100	0,69	15,0	53,6	100
ИУК (0,05%)	369	103	0,75	15,3	56,5	105
2,4-Д (0,004%)	72	104	0,74	15,7	58,4	109
НУК (0,004%)	370	104	0,74	16,0	59,2	110
ГК, (0,001%)	361	101	0,70	15,0	54,2	101
НСР ₀₅	—	—	—	—	4,8	9

час составили соответственно 451 и 67,7 ц/га, или 127 и 126%, к контролю.

Влияние ингибиторов роста на те же показатели носило другой характер. В отличие от активаторов они в меньшей степени влияли на продуктивность растений, но значительно улучшали качество и структуру урожая. Это связано с тем, что действие ингибиторов роста происходило в условиях постепенного затухания фотосинтеза в конце вегетации и усиление продукционного процесса пришлось на период, в котором оставалось, примерно, 20—25% нереализованного потенциала урожайности. Торможение роста положительно сказывалось на хозяйственной направленности фотосинтеза. На фоне небольшого увеличения общего урожая отмечен заметный рост хозяйственно ценной части — корнеплодов. $K_{хоз}$ достигал значения 0,75%, что в 1,1 раза больше, чем в контроле.

Содержание сухого вещества — главного показателя качества корнеплодов — возросло на величину до 1%, или в 1,07 раза. Лучшими вариантами по влиянию на структуру урожая, содержание и сбор сухого вещества являются НУК (0,004%) и 2,4-Д (0,004%). Применение

гиббереллина практически не оказало влияния на отмеченные показатели.

По данным химических анализов, при активации роста содержание NPK в корнеплодах в пределах сезонов носило стабильный характер, а вынос находился в соответствии с повышением уровня валовой урожайности. При торможении роста отмечено некоторое увеличение выноса макроэлементов на создание единицы продукции.

Регуляция роста оказывала положительное воздействие на сохранемость корнеплодов. Влияние активаторов и ингибиторов роста было неодинаковым. Как известно, сохранемость корнеплодов сильно зависит от их качества и содержания в них углеводов. Действие активаторов в первую очередь охватывало период интенсивного роста (июль — август) и было аналогичным таким внешним факторам, как влаго- и теплообеспеченность. Активаторы усиливали рост растений, увеличивая их конкурентоспособность, и ускоряли накопление сухого вещества. Корнеплоды были более выравненными по массе и содержанию сухого вещества. Более однородные корнеплоды равномернее вентилировались, что положительно сказывалось при хранении.

Так, убыль массы корнеплодов при хранении за счет увеличения доли полновесной фракции и лучшей вызреваемости при активации роста снижалась в 1,26 раза (табл. 5).

Что касается ингибиторов, то они почти не влияли на

варьирование корнеплодов по массе, увеличивая содержание сухого вещества — главный показатель качества и вызреваемости (табл. 6). Прямо пропорционально содержанию сухого вещества увеличивались содержание БЭВ и количество «связанной»

Т а б л и ц а 5

Влияние активаторов роста на качество и сохраняемость корнеплодов кормовой свеклы (Среднее, 1994—1999 гг.)

Вариант	Выход полновесных корнеплодов, $\frac{g}{\%}$ (500—600 г/шт.)	Содержание сухого вещества, %	Убыль массы при хранении	
			%	уменьшение, раз
Контроль	83,4	15,0	10,2	1,00
ИУК (0,0001%)	88,0	15,0	8,1	1,26
2,4-Д (0,0002%)	91,3	15,1	9,2	1,11
Фузикоцин (0,000002%)	88,4	14,9	8,6	1,19
Крезацин (0,004%)	89,1	15,0	8,3	1,23

Т а б л и ц а 6

Влияние ингибиторов роста на качество и сохраняемость корнеплодов кормовой свеклы (Среднее, 1994—1999 гг.)

Вариант	Выход полновесных корнеплодов, % (500—600 шт.)	Содержание сухого вещества %	Убыль массы при хранении	
			%	уменьшение, раз
Контроль	83,3	15,0	10,2	1,00
ИУК (0,05%)	82,6	15,3	7,9	1,29
2,4-Д (0,004%)	84,0	15,7	7,4	1,38
НУК (0,004%)	83,1	16,0	7,2	1,42
ГК ₃ (0,001%)	83,9	15,0	10,4	0,98

воды. Это в первую очередь обусловило уменьшение потерь массы корнеплодов при хранении на 1,42 раза.

Таким образом, активаторы роста улучшали сохраняемость корнеплодов в основном за счет выравнивания их по массе и содержанию сухого вещества, а ингибиторы, причем более эффективно, — за счет увеличения содержания сухого вещества.

Выводы

1. В условиях Нечерноземной зоны РФ при общем положительном эффекте в отношении продукционного процесса кормовой свеклы влияние активаторов и ингибиторов носит различный характер. Действие активаторов, являясь более эффективным в целом, направлено преимущественно на увеличение показателей продуктивности, а ингибиторов — на улучшение качества корнеплодов, структуры и сохраняемости урожая.

2. При активации роста площадь листьев является ключевым звеном в формировании урожая. Увеличение площади усваивающей поверхности листьев на 1% в период интенсивного роста обеспечивает примерно 1,5% прибавки сбора сухой биомассы.

3. Торможение роста молодых листьев способствует задержке старения крупных периферических в период интенсивного накопления сухого вещества. При этом содержание сухого вещества возрастает на 1,0%, а $K_{\text{хоз}}$ — в 1,1 раза.

4. Статистически доказуемое увеличение урожая корнеплодов и сбора сухого вещества при активации роста достигает 26%, а при торможении роста молодых листьев — 10%.

5. Среди активаторов роста в теплых влажных условиях возрастает эффективность соединений синтетического происхождения 2,4-Д и крезацина, а в жарких засушливых — биогенного: ИУК и фузикококцина. Действие ингибиторов, причем синтетической природы, 2,4-Д и НУК увеличивается в относительно теплых условиях в конце вегетации.

6. При стабильном содержании и выносе NPK на единицу урожая под влиянием активаторов отмечено некоторое их увеличение под воздействием ингибиторов.

7. Регуляция ростовых процессов способствует улучшению сохраняемости корнеплодов в основном за счет выравнивания их по массе и содержанию сухого вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деева В. П. Применение регуляторов роста для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Минск: Наука и техника, 1986. — 2. Дёрфлинг К. Гормоны растений. Системный подход / Пер. с англ. М.: Мир, 1985. — 3. Кефели В. М., Прусакова Л. Д. Химические регуляторы растений. М.: Колос, 1985. — 4. Кефели В. И. Рост растений. М.: Колос, 1984. — 5. Никелл Л. Дж. Регуляторы роста растений / Пер. с англ. М.: Мир, 1984. — 6. Полевой В. В. Фитогормоны. Л.: Изд-во Лен. ун-та, 1982. — 7. Шевелуха В. С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992.

*Статья поступила
13 апреля 2000 г.*

SUMMARY

Using the plant growth regulators it is possible to increase the yield and improve the quality and preservation of the fodder-beet roots. The growth activators intensifies the photosynthetic activity in the period, when the plants are most responsive on the growth intensification. The growth inhibitors limits young leaves growth with acceptoric functions in the last of the vegetation period. Acceleration of the roots maturity at the growth regulation decreases yield losses at the storage.