

УДК 633.41:631.82:631.547.472

ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС КОРМОВОЙ И САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

В.И. БОНДАРЬ, Н. С. АРХАНГЕЛЬСКИЙ, М. С. СЕЛЕЗНЁВ

(Кафедра растениеводства)

Дана сравнительная оценка продукционного процесса кормовой и сахарной свёклы в засушливых и влажных условиях Калужской области под воздействием регуляторов роста растений. Показано, что усиление фотосинтетической активности и повышение продуктивности сахарной свёклы под воздействием регуляторов роста носят характер и во влажных и в засушливых условиях вегетации. Однако у кормовой свёклы эти процессы усиливаются с помощью регуляторов роста по мере улучшения режима увлажнения.

В настоящее время получены убедительные доказательства интенсивных изменений климата за последние 15—20 лет в глобальных масштабах. На территории Калужской обл., как и в большинстве регионов России, в последнее 20-летие наблюдается повышение среднемесячной температуры воздуха. По прогнозам Обнинского ВНИИГМИ-МЦД, на период 2010-2069 гг. потепление в мае-сентябре составит 0,5-3,0°C, а сумма осадков уменьшится на 2-14 мм в месяц. ГТК, составляющий

в мае-августе в среднем 1,47, уменьшится до 1,30 [14]. Приведённые данные свидетельствуют о перспективе существенной аридизации климата в тёплый сезон и целесообразности увеличения удельного веса более засухоустойчивых полевых культур в структуре посевных площадей области.

Кормовая свёкла традиционно занимает наибольшие посевные площади среди других кормовых корнеплодов. Это вряд ли можно признать обоснованным в складывающихся условиях,

так как по качеству, усвояемости и сохраняемости корнеплодов она уступает сахарной свёкле, которая к тому же отличается более высокой засухоустойчивостью [2, 12, 15].

Как показывает анализ источников литературы, регуляторы роста растений в значительной степени обуславливают особенности онтогенеза, периодичность роста и развития, ростовые корреляции, донорно-акцепторные отношения, прямо или косвенно контролируют скорость, направленность, локализацию ростовых процессов, фотосинтетическую активность и продуктивность [6, 7, 8, 9, 10, 11, 13].

В многолетних исследованиях выявлен положительный эффект регуляции роста растений, применяемой в критические фазы онтогенеза различных форм культурной свёклы и брюквы в отношении продуктивности [1, 3, 4, 5]. Представляет интерес провести сравнительный анализ продукционного процесса кормовой и сахарной свёклы в условиях очевидной аридизации климата применительно к Калужской обл.

Цель исследований - из двух форм культурной свёклы (кормовой и сахарной) выявить более адаптированную к засушливым условиям, нередко случающимся в

Калужской обл., и более отзывчивую на усиление продукционного процесса с помощью регуляторов роста растений в разных режимах увлажнения.

Методика

Исследования проводили в 1994-2001 гг. на опытном поле Калужского филиала МСХА с кормовой свёклой сорта Эккендорфская жёлтая и сахарной свёклой сорта Рамонская односемянная 47. Почва опытных участков дерново-подзолистая супесчаная, содержание гумуса 1,2-1,5%, подвижного фосфора — 25-30, обменного калия — 10-12 мг/100 г почвы, рН_{сол.} 5,5-6,5.

Посев проводили в I декаде мая. Норма высева 300—400 тыс. клубочков на 1 га при лабораторной всхожести 75-85%. Ширина междурядий 60 и 45 см, густота стояния 70 и 110 тыс. растений на 1 га для кормовой и сахарной свёклы соответственно. Технология возделывания общепринятая.

Регуляторы роста применяли на активизирующем и ингибирующем уровне. Активацию роста осуществляли в начале второго периода вегетации (при появлении 7-го листа) растворами ИУК (0,0001%), 2,4-Д (0,0002%), фузизикокцина — Фк (0,000002%)

и крезацина — Кц (0,004%), а торможение — в начале третьего периода (в III декаде августа) растворами ИУК (0,05%), 2,4-Д (0,004%), НУК (0,004%) и ГК₃ (0,001%) мелкодисперсным опрыскиванием с расходом рабочего раствора, эквивалентным 200 л/га.

Результаты

Метеоусловия в годы исследований значительно различались как по режиму увлажнения, так и по теплообеспеченности. Сильные колебания по количеству

осадков и среднесуточной температуре воздуха наблюдались в течение всех основных периодов вегетации свёклы. Анализ метеоусловий представлен в табл. 1.

По выпадению осадков годы распределились на сухие (1996, 1995 и 1994), средние (2001 и 2000) и влажные (1998, 1999 и 1997). Однако влажные сезоны временами сопровождалась засухами, а сухие - избытком осадков. Как в сухие, так и во влажные годы растения испытывали дефицит осадков во второй период, когда потреб-

Т а б л и ц а 1

Метеорологическая характеристика сезонов вегетации свёклы с недостаточным, средним и повышенным увлажнением в 1994-2001 гг.

Показатель	Ср.мн.	Уровень увлажнения		
		низкий	средний	высокий
Сумма осадков:				
за сезон: мм	338	259	334	411
%	100	76	99	122
за 2-й период: мм	171	75	130	207
%	100	44	76	121
Температура воздуха, °С:				
за сезон	14,6	15,6	15,3	15,3
за 2-й период	16,8	17,1	18,4	17,8
ΣТ° > 10°С:				
за сезон	1996	1974	2086	2204
за 2-й период	1023	1036	1128	1076
ГТК:				
за сезон	1,7	1,2	1,6	2,0
за 2 период	1,7	1,1	1,2	1,9
Продолжительность засух, декад:				
за сезон	—	6,0	3,3	2,7
за 2-й период	—	4,0	3,0	2,3

ность во влаге и прирост урожая составляли, примерно, 70% итоговой величины.

Среднесуточная температура воздуха за годы исследований в среднем составила 14,6°C, что на 0,8°C выше среднегодовой. Наибольшее превышение — 1,1 °C - пришлось на июль-август (второй период). Сумма активных температур выше 10°C находилась в пределах от 1965 до 2216°C, что вполне соответствует требованиям обеих культурных форм свёклы.

Такие условия обуславливали морфогенез растений по ксероморфному типу даже во влажные годы. Особенно негативно на урожае и его качестве сказывались такие сочетания условий, когда второй период начинался с обильного увлажнения, а затем наступала засуха. Возникла необходимость переключения развития растений с гигроморфного на ксероморфный тип, что требовало дополнительного расходования ресурса ассимилятов и времени.

Фотосинтетическая деятельность обеих культурных форм свёклы, продукционный процесс и их интеграция имели много общего в зависимости от режимов увлажнения. Практически все показатели фотосинтетической деятельности посевов (пло-

щадь листьев, ФП, $M_{ФП}$, ЧПФ, $U_{биол}$, $U_{хоз}$, $E_{биол}$ и $E_{хоз}$) возрастали по мере улучшения увлажнения (табл. 2).

Вместе с тем реакция кормовой и сахарной свёклы на уровень и распределение осадков была различной. Диапазон устойчивости сахарной свёклы к разным условиям увлажнения был явно шире. Изменения всех показателей продукционного процесса носили более стабильный и устойчивый характер. Так, отклонения по всем упомянутым показателям в годы с низким и высоким уровнем увлажнения в сравнении со средним у сахарной свёклы не превышали 7%, тогда как у кормовой они достигали 16%. Кормовая свёкла относительно лучше сахарной реагировала на улучшение режимов увлажнения.

Из сопоставления работы фотосинтетического аппарата двух культур видно, что у сахарной свёклы она носила преимущественно интенсивный характер, несмотря на более высокие размеры ассимиляционной поверхности, а у кормовой - экстенсивный. Так, масса сухого вещества корнеплодов, сформированная 1 тыс. единиц ФП, у сахарной свёклы в зависимости от уровня увлажнения варьировала от

**Производственный процесс кормовой (числитель) и сахарной
(знаменатель) свёклы в разных режимах увлажнения
в 1994-2001 гг.**

Показатель	Уровень увлажнения		
	низкий	средний	высокий
Площадь листьев, тыс.м ² /га	<u>20,6</u>	<u>22,1</u>	<u>24,3</u>
	26,1	27,6	29,3
ФП, тыс.м ² дней/га	<u>2781</u>	<u>2983</u>	<u>3281</u>
	3524	3726	3956
М _{ФП} корнеплодов, кг	<u>138</u>	<u>149</u>	<u>156</u>
	75	76	78
М _{ФП} АСВ корнеплодов, кг	<u>18,7</u>	<u>19,3</u>	<u>19,5</u>
	24,7	25,2	25,3
ЧПФ, г/м ² · сут	<u>2,27</u>	<u>2,52</u>	<u>2,61</u>
	2,47	2,52	2,53
У _{биол} АСВ, ц/га	<u>63,4</u>	<u>75,2</u>	<u>85,5</u>
	87,2	93,9	100,1
У _{хоз} АСВ, ц/га	<u>51,9</u>	<u>57,7</u>	<u>64,0</u>
	67,1	71,0	74,9
Е _{биол} , %	<u>0,85</u>	<u>1,01</u>	<u>1,15</u>
	1,17	1,26	1,34
Е _{хоз} , %	<u>0,70</u>	<u>0,78</u>	<u>0,86</u>
	0,90	0,95	1,01

М_{ФП} — масса корнеплодов, сформированная 1 тыс. ед. ФП; У_{биол} — урожай сырой массы; У_{хоз} — урожай корнеплодов; Е_{биол} и Е_{хоз} — коэффициент использования ФАР на формирование соответственно У_{биол} и У_{хоз}; АСВ — абсолютно сухое вещество.

24,7 до 25,3 кг, тогда как у кормовой - только от 18,7 до 19,5 кг, что, примерно, на 30% меньше (см. табл.2).

Подавленный рост в засушливых условиях приводил к недоразвитию ассимилирующей поверхности и,

как результат, к недобору урожая и биологического, и хозяйственного. По мере усиления засушливости средняя площадь листьев у кормовой свёклы уменьшалась до 20,6, а у сахарной - до 26,1 тыс.м²/га. При этом

показатели $У_{\text{биом}}$ АСВ и $У_{\text{хоз}}$ АСВ снижались до 63,4 и 87,2 ц/га и 51,9 и 67,1 ц/га соответственно (см. табл.2).

Регуляторы роста растений в целом оказывали благоприятное влияние на продукционный процесс растений обеих форм свеклы. Однако эффективность их действия различалась по целому ряду

параметров: 1) виду регуляторов, 2) режимам увлажнения, 3) типу воздействия регуляторов (стимулирование или ингибирование), 4) показателям продуктивности и формам свёклы (табл. 3 и 4). Так, самым эффективным среди всех регуляторов роста в разных условиях вегетации по увеличению урожая корне-

Т а б л и ц а 3

Влияние регуляторов роста на продуктивность и структуру урожая кормовой (числитель) и сахарной (знаменатель) свёклы при низком увлажнении ($R=259$ мм)

Вариант	$У_{\text{хоз}}$		$K_{\text{хоз}}$	Содержание сухого вещества, %	$У_{\text{хоз}}$ АСВ	
	ц/га	%			ц/га	%
1. Контроль	<u>385</u>	<u>100</u>	<u>0,77</u>	<u>13,5</u>	<u>51,9</u>	<u>100</u>
	265	100	0,71	25,3	67,1	100
2. ИУК (0,0001%)	<u>398</u>	<u>104</u>	<u>0,76</u>	<u>13,4</u>	<u>53,3</u>	<u>103</u>
	284	107	0,69	25,3	71,8	107
3. 2,4-Д (0,002%)	<u>389</u>	<u>101</u>	<u>0,77</u>	<u>13,5</u>	<u>52,5</u>	<u>101</u>
	276	104	0,70	25,3	69,8	104
4. ФК (0,000002%)	<u>393</u>	<u>102</u>	<u>0,77</u>	<u>13,5</u>	<u>52,9</u>	<u>102</u>
	279	105	0,70	25,3	70,6	105
5. Кц (0,004%)	<u>391</u>	<u>102</u>	<u>0,77</u>	<u>13,5</u>	<u>52,6</u>	<u>101</u>
	277	105	0,70	25,3	70,1	104
6. ИУК (0,05%)	<u>389</u>	<u>101</u>	<u>0,79</u>	<u>14,0</u>	<u>54,5</u>	<u>105</u>
	269	101	0,72	25,5	68,5	102
7. 2,4-Д (0,004%)	<u>393</u>	<u>102</u>	<u>0,80</u>	<u>14,1</u>	<u>55,2</u>	<u>106</u>
	274	103	0,73	25,6	70,0	104
8. НУК (0,004%)	<u>392</u>	<u>102</u>	<u>0,80</u>	<u>14,1</u>	<u>55,1</u>	<u>106</u>
	273	103	0,73	25,6	69,8	104
9. ГК ₃ (0,001%)	<u>382</u>	<u>99</u>	<u>0,77</u>	<u>13,5</u>	<u>51,6</u>	<u>99</u>
	266	100	0,71	25,3	67,3	103
НСР ₀₅	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	3,27	6,3

Таблица 4

Влияние регуляторов роста на продуктивность и структуру урожая кормовой (числитель) и сахарной (знаменатель) свёклы при высоком увлажнении (R=411 мм)

Вариант	У _{хоз}		К _{хоз}	Содержание сухого вещества, %	У _{хоз} АСВ	
	ц/га	%			ц/га	%
1. Контроль	<u>511</u>	<u>100</u>	<u>0,72</u>	<u>12,5</u>	<u>64,0</u>	<u>100</u>
	307	100	0,67	24,5	74,9	100
2. ИУК (0,0001%)	<u>547</u>	<u>107</u>	<u>0,71</u>	<u>12,3</u>	<u>67,3</u>	<u>105</u>
	332	108	0,65	24,3	80,7	108
3. 2,4-Д (0,002%)	<u>593</u>	<u>116</u>	<u>0,69</u>	<u>12,1</u>	<u>71,8</u>	<u>112</u>
	344	112	0,64	24,1	82,9	111
4. Фк (0,000002%)	<u>542</u>	<u>106</u>	<u>0,71</u>	<u>12,3</u>	<u>66,7</u>	<u>104</u>
	325	106	0,65	24,3	79,0	105
5. КЦ (0,004%)	<u>572</u>	<u>112</u>	<u>0,70</u>	<u>12,2</u>	<u>69,8</u>	<u>109</u>
	338	110	0,64	24,2	81,8	109
6. ИУК (0,05%)	<u>526</u>	<u>103</u>	<u>0,75</u>	<u>12,7</u>	<u>66,8</u>	<u>104</u>
	316	103	0,69	24,7	78,1	104
7. 2,4-Д (0,004%)	<u>531</u>	<u>104</u>	<u>0,76</u>	<u>12,9</u>	<u>68,5</u>	<u>107</u>
	319	104	0,70	24,9	79,4	106
8. НУК (0,004%)	<u>529</u>	<u>104</u>	<u>0,76</u>	<u>12,8</u>	<u>67,8</u>	<u>106</u>
	318	104	0,70	24,8	78,9	105
9. ГК ₃ (0,001%)	<u>506</u>	<u>100</u>	<u>0,72</u>	<u>12,5</u>	<u>63,2</u>	<u>99</u>
	304	100	0,67	24,5	74,9	100
НСР ₀₅	<u>49,1</u>	<u>9,6</u>	—	—	<u>5,63</u>	<u>8,8</u>
	27,3	8,9	—	—	6,44	8,6

плодов и сбора сухого вещества является 2,4-Д (0,0002%), применяемая в начале второго периода. У_{биол.} и У_{хоз} АСВ составили у кормовой и сахарной свёклы соответственно 547, 67,3 и 344, 82,9 ц/га, или 116, 112 и 112 и 111% в сравнении с контролем (см. табл. 4).

Во влажных условиях вегетации эффект от применения регуляторов роста по показателям продуктивности в целом был значительно выше, чем в засушливых (см. табл. 4). В относительно сухих условиях положительный статистически доказуемый эффект получен только у

сахарной свёклы по $Y_{\text{хоз}}$ АСВ в варианте ИУК (0,0001%) (см. табл. 3).

Регуляторы роста с активирующим действием, применяемые в начале второго периода (ИУК (0,0001%), 2,4-Д (0,0002%), Фк (0,000002%) и Кц (0,004%)), по показателям продуктивности были более эффективными, чем соединения с ингибиторным действием, применяемые в начале третьего периода (ИУК (0,05%), 2,4-Д (0,004%), НУК (0,004%) и ГК, (0,001%)). Так, $Y_{\text{биол}}$ и $Y_{\text{хоз}}$ АСВ в данном случае возрастали над контролем до 104-116% под влиянием активаторов и составляли 99-106% под действием ингибиторов. Однако ингибиторы роста действовали эффективнее активаторов на содержание сухого вещества и $K_{\text{хоз}}$ за счёт усиления оттока ассимилятов и продуктов гидролиза из стареющих листьев в корнеплод в течение третьего периода вегетации. Содержание сухого вещества в корнеплодах при торможении роста увеличивалось у кормовой свёклы на величину до 0,5%, а у сахарной — до 0,3%. $K_{\text{хоз}}$ в этом случае возрастал соответственно с 0,72 до 0,76 и с 0,67 до 0,70. При активации роста данные величины у обеих форм свёклы, напротив, даже несколько уменьшались (см. табл. 4).

Кроме того, ингибиторы подавляли рост молодых листьев с акцепторной функцией, являющихся дополнительным аттрагирующим центром наряду с корнеплодом и конкурирующих с ним за питательные вещества на завершающем этапе вегетации.

Реакция сахарной свёклы на применение регуляторов роста растений по показателям фотосинтетической деятельности и продуктивности в целом во все годы исследований была более стабильной и устойчивой, но относительно слабее, чем у кормовой свёклы во влажных условиях. По мере улучшения режима увлажнения возрастала эффективность активаторов синтетического происхождения (2,4-Д и крезацин), а при усилении засушливости — биогенного (ИУК и фузикокин).

Эффективность действия ингибиторов в сопоставлении с активаторами увеличивалась в засушливых условиях во второй период вегетации, причём у кормовой свёклы в относительно большей степени.

Гиббереллин практически не оказал влияния на фотосинтетическую деятельность и продукционный процесс растений как кормовой, так и сахарной свёклы.

Выводы

1. По данным исследований, сахарная свёкла сорта Рамонская односемянная 47 на дерново-подзолистых супесчаных почвах Калужской обл. в условиях вегетации, сложившихся в 1994-2001 гг., по показателям фотосинтетической продуктивности превосходила кормовую свёклу сортотипа Эккендорфская, примерно, на 30%.

2. Усиление фотосинтетической активности и, как результат, продуктивности под воздействием регуляторов роста растений у сахарной свёклы носит более стабильный и устойчивый характер как во влажных, так и в засушливых условиях вегетации. Однако отзывчивость кормовой свёклы на усиление продукционного процесса с помощью регуляторов роста по мере улучшения увлажнения возрастает относительно сильнее.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аладин С.А.* Урожайность, химический состав и семенная продуктивность брюквы при использовании физиологически активных соединений. — Канд. дис. М., 1985. — 2. *Алтунин Д.А., Ладонин В.Ф., Скорородова Н.В. и др.* Интенсивные техно-

логии производства кормов. — М.: Росагропромиздат, 1991. — 3. *Архангельский Н.С., Архангельская З.М.* Приёмы, повышающие продуктивность свёклы и устойчивость её к болезням. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 6, с. 106-115. — 4. *Архангельский Н.С., Кострикин В.М., Зайдель К.Л.* Влияние обработок физиологически активными соединениями на урожайность и качество корнеплодов кормовой свёклы. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 5, с. 49-58. — 5. *Бондарь В.И., Архангельский Н.С., Иванигикин А.Г.* Продуктивность, качество и сохраняемость кормовой свёклы при регуляции онтогенеза. — Изв. ТСХА, 2000, вып. 3, с. 23-32. 6. *Дёрфлинг К.* Гормоны растений. Системный подход / Пер. с англ. М.: Мир, 1985. — 7. *Кефели В.И.* Рост растений. М.: Колос, 1984. — 8. *Мокронос А.Т.* Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. 42-е Тимирязевское чтение. М., 1983. — 9. *Муромцев Г.С., Чкаников Д.И. и др.* Основы химической регуляции роста и продуктивности растений. — М., 1987. — 10. *Никелл Л.Дж.* Регуляторы роста растений / Пер. с англ. М.: Мир, 1984. — 11. *Полевой В.В.* Фитогормоны. Л.: Изд-во Лен. Ун-та, 1982. — 12. *Посытанов Г.С.,*

Долгодворов В.Е., Корнеев Г.В. и др. Растениеводство / Под ред. Г.С. Посыпанова. М.: Колос, 1997. — 13. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992. — 14. Шерстюков Б.Г. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н. Современное со-

стояние климатических условий Калужской области и их возможные изменения в условиях глобального потепления. — Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2001,— 15. Шнаар Д., Дрегер Д., Постников А.Н. и др. Сахарная свёкла. Минск: ФУАинформ, 2000.

*Статья поступила
11 июля 2003 г.*

SUMMARY

The comparative evaluation of the productional process of fodder and sugar beet is conducted in drouhty and moist conditions of the Kaluga region with using of plant growth regulators.

It has been found that intencification of the photosynthetic activity and the increasing of productivity at the plant growth regulators is more stable using in sugar beet in both droughty and moist conditions. However the responsivity of the fodder beet to the productional process intensification is relatively better, when plant growth regulators are used and the precipitation level is increased.