
Известия ТСХА, выпуск 2, 1982 год

УДК 633.416:631.811.98

**УРОЖАЙНОСТЬ КОРМОВОЙ СВЕКЛЫ РАЗНЫХ СОРТОТИПОВ
И СОДЕРЖАНИЕ В КОРНЕПЛОДАХ БЕЛКА И АМИНОКИСЛОТ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ 2,4-Д КАК РЕГУЛЯТОРА РОСТА**

**Н. С. АРХАНГЕЛЬСКИЙ, В. М. КОСТРИКИН, Л. Г. ГРУЗДЕВ, Л. В. ЛУЗИК
(Кафедра растениеводства)**

Применение физиологически активных соединений в строго определенных фазы онтогенеза сахарной и кормовой свеклы, как показали наши многолетние исследования на кафедре растениеводства Тимирязев-

ской академии, существенно повышает урожай корнеплодов [1, 2] и изменяет их химический состав, особенно содержание углеводов и азотистых соединений [3].

Продолжая исследование влияния 2,4-Д на кормовую свеклу, мы обратили особое внимание на содержание в ней белка и аминокислот — важного показателя качества свеклы. Следует отметить, что в литературе приводятся отрывочные и противоречивые данные о количестве в свекле белка и аминокислот, притом они получены методом бумажной хроматографии.

Материал и методы исследований

Эксперименты проводили в 1975—1978 гг. на Опытной станции полеводства Тимирязевской академии. Объектом исследований служили сорта кормовой свеклы Эккендорфская желтая и Баррес.

Метеорологические условия в годы опытов контрастно различались по уровню и распределению температур и осадков. 1975 год характеризовался повышенными температурами, сильной атмосферной и почвенной засухой. В периоды вегетации 1976 и 1978 гг. температуры были ниже, а количество осадков выше средних многолетних. 1977 год отличался несколько более высокими суммой температур и количеством осадков по сравнению со средними многолетними и в целом был наиболее благоприятным для роста кормовой свеклы первого года жизни.

Свеклу обрабатывали в начале периода усиленного накопления углеводов (середина августа) бутиловым эфиром 2,4-Д в концентрации 0,004 % по действующему началу как в отдельности, так и в смеси с 0,23 %-ной мочевиной (условно N).

Повторность опытов в 1975—1976 и 1978 гг. — 4-кратная, в 1977 г. — 5-кратная. Учетная площадь делянок 20—40 м², размещение по методу рендомизированных повторений, в 1977 г. — методом латинского прямоугольника. Уборку производили поделаяночно в последних числах сентября. Для химических анализов ежегодно брали пробы из 30 корнеплодов каждого варианта.

Содержание общего и небелкового азота определяли колориметрическим феноловым методом (по Кудеярову), белки осаждали по методу Барнштейна. Количество белка рассчитывали путем умножения процента белкового азота (разность между общим и небелковым азотом) на коэффициент 6,25 [10]. Извлечение свободных аминокислот, белка и его гидролиз проводили по общепринятой методике [10]. Содержание свободных и связанных аминокислот определяли на аминокислотных анализаторах Hd-12000E и "Biotronik". Повторность всех определений 2—3-кратная. Данные обрабатывали методом дисперсионного анализа [6].

Результаты исследований и их обсуждение

Использование ингибирующей концентрации 2,4-Д (0,004 %) вызывало задержку роста молодых листьев в центре розетки на 2—3 нед. При этом срок жизнедеятельности активно синтезирующей части ассимиляционного аппарата продлевался на 7—10 дней. Снижение непродуцительных затрат на образование ювенильных листьев в конце вегетации и задержка старения крупных периферических листьев обусловили существенное повышение урожайности корнеплодов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Урожайность корнеплодов кормовой свеклы (ц/га) при использовании физиологически активных соединений в начале периода усиленного накопления углеводов

Вариант	Эккендорфская желтая				Баррес		
	1975	1976	1977	1978	1976	1977	1978
Контроль	543	284	818	434	250	679	484
2,4-Д	550	342	823	572	303	734	568
2,4-Д+N	598	353	782	561	267	746	444
НСР ₀₅	36	62		43			55

Содержание в корнеплодах белка (% на абсолютно сухое вещество)

Вариант	Эккендорфская желтая			Баррес	
	1975	1976	1977	1976	1977
Контроль	5,69	5,25	3,44	4,87	4,25
2,4-Д	6,00	5,63	4,88	5,87	4,56
2,4-Д+N	6,30	5,44	4,31	5,50	4,44

Т а б л и ц а 3

Аминокислотный состав белков у корнеплодов кормовой свеклы сортов Эккендорфская желтая и Баррес в 1976 г. (в числителе) и в 1977 г. (в знаменателе)

Аминокислоты, г/100 г белка	Эккендорфская желтая			Баррес		
	контроль	2,4-Д	2,4-Д+N	контроль	2,4-Д	2,4-Д+N
Лизин	3,68	2,85	3,86	5,99	6,02	5,69
	7,90	6,96	6,88	6,39	7,05	6,91
Гистидин	2,65	2,46	3,58	2,87	3,04	3,09
	3,57	3,46	3,41	3,27	3,35	3,48
Аргинин	5,25	4,86	4,65	5,75	Не опр.	Не опр.
	5,17	5,61	5,27	5,25	5,44	5,61
Аспарагиновая	10,83	11,14	11,10	10,82	11,12	10,98
	8,44	8,40	8,45	8,91	8,63	8,40
Треонин	5,15	5,04	5,37	4,96	4,84	4,97
	5,18	5,36	5,42	5,53	5,34	5,38
Серин	5,78	5,47	6,79	5,22	5,65	5,72
	5,74	5,45	5,66	5,65	5,53	5,36
Глютаминовая	15,48	16,08	16,84	14,52	14,39	14,58
	11,68	11,12	11,48	11,74	12,08	11,36
Пролин	6,44	7,33	5,70	6,39	6,51	6,20
	7,47	7,60	7,53	8,18	7,86	8,29
Глицин	6,09	6,19	5,97	5,81	6,33	6,39
	4,94	4,63	4,77	4,83	4,98	4,84
Аланин	6,51	6,84	5,00	6,27	6,41	6,18
	6,27	6,47	6,32	5,82	6,19	6,21
Валин	5,69	5,31	5,87	5,31	5,13	5,39
	7,27	7,55	7,46	6,99	6,82	6,88
Метионин	1,88	1,91	2,02	1,63	1,69	1,55
	0,92	1,16	1,30	1,46	1,00	1,54
Изолейцин	2,88	3,04	3,65	3,29	2,80	3,06
	4,06	4,26	4,09	4,12	3,92	3,90
Лейцин	7,95	7,95	5,02	7,98	7,32	7,65
	6,79	6,25	6,45	6,10	5,79	6,00
Тирозин	4,35	4,22	4,67	4,13	4,40	4,52
	4,92	4,91	4,62	4,82	4,66	4,82
Фенилаланин	4,32	4,28	4,93	4,08	4,29	4,12
	5,11	5,83	5,53	5,90	5,73	5,64
Сумма незаменимых	34,20	32,84	34,30	36,11	35,13	35,52
	40,80	40,83	40,54	39,81	39,60	39,73

В неблагоприятных условиях вегетации 1975 и 1976 гг. добавление к раствору регулятора роста мочевины способствовало дальнейшему повышению урожайности корнеплодов сорта Эккендорфская желтая.

Характерно, что при использовании 2,4-Д и мочевины наибольшие превышения над контролем по урожайности корнеплодов были получены в холодные и влажные годы. Эта тенденция четко прослеживалась у высокоурожайного сорта Эккендорфская желтая. Отсутствие эффекта от применения 2,4-Д и мочевины в посевах свеклы в 1977 г. объясняется сильным поражением листьев минирующей мухой [3].

Мочевина обеспечивает значительно более быстрое поступление регулятора роста в ткани растений [4, 7]. Не исключено, что при совместном применении с мочевиной количество регулятора роста в растении может оказаться гораздо выше, чем при использовании 2,4-Д в отдельности, и эффект последнего повысится, как это наблюдалось у сорта Баррес.

Содержание белковых соединений в корнеплодах кормовой свеклы при использовании 2,4-Д в августе, ко времени уборки, оказалось более высоким, чем у необработанных растений (табл. 2). Наиболее значительное увеличение белковости отмечено у сорта Эккендорфская желтая в 1977 г. Добавление мочевины несколько снижало эффект 2,4-Д во все годы за исключением засушливого 1975 г.

Анализ состава суммарного белка показал, что содержание в них аминокислот зависит от ряда факторов. В год с неблагоприятными погодными условиями в корнеплодах сорта Эккендорфская желтая во всех вариантах концентрация незаменимых аминокислот была ниже, чем у сорта Баррес. В благоприятном 1977 г. корнеплоды отличались повышенной биологической ценностью белка: сумма незаменимых аминокислот составляла 40—41 % от общего его содержания у сорта Эккендорфская желтая и 39—40 % — у сорта Баррес, а в предшествующий сезон — соответственно 32—34 и 35—36 %. Как видно из сопоставления контрольных вариантов, при благоприятном уровне и распределении температур и осадков в белке корнеплодов увеличивается содержание лизина, в особенности у Эккендорфской желтой (табл. 3).

Т а б л и ц а 4

Динамика аминокислотного состава белков (г/100 г белка) в корнеплодах кормовой свеклы при использовании 2,4-Д в начале периода интенсивного накопления углеводов. Сорт Эккендорфская желтая, 1977 г.

Аминокислоты	Контроль			2,4-Д		2,4-Д+N	
	17/VIII*	1/IX	30/IX	1/IX	30/IX	1/IX	30/IX
Лизин	3,24	6,12	7,90	6,66	6,96	7,13	6,86
Гистидин	2,93	3,13	3,57	3,36	3,46	3,38	3,41
Аргинин	2,98	5,46	5,17	5,51	5,61	5,45	5,27
Аспарагиновая	9,51	8,71	8,44	8,56	8,40	8,78	8,45
Треонин	6,03	5,43	5,18	5,53	5,36	5,65	5,42
Серин	5,82	5,24	5,74	5,33	5,45	5,39	5,68
Глютаминовая	12,57	10,86	11,68	11,10	11,12	11,38	11,48
Пролин	9,47	9,87	7,47	9,86	7,60	8,50	7,53
Глицин	5,36	4,86	4,94	4,71	4,63	4,91	4,77
Аланин	6,39	6,28	6,27	5,63	6,47	5,77	6,32
Валин	7,41	6,82	7,27	6,93	7,55	7,00	7,46
Метионин	1,32	1,43	0,92	1,48	1,16	1,24	1,30
Изолейцин	4,40	4,10	4,06	4,04	4,26	4,13	4,09
Лейцин	6,28	5,64	6,79	5,62	6,25	5,85	6,45
Тирозин	4,75	4,60	4,92	4,62	4,91	4,27	4,92
Фенилаланин	6,51	6,45	5,11	6,18	5,83	6,17	5,53
Сумма незаменимых	38,12	39,12	40,80	39,80	40,83	40,55	40,54

* Обработка проводилась в это же время.

Содержание связанных аминокислот (мг/100 г сухого вещества) в корнеплодах кормовой свеклы сортов Эккендорфская желтая и Баррес в 1976 г. (в числителе) и в 1977 г. (в знаменателе)

Аминокислоты	Эккендорфская желтая			Баррес		
	контроль	2,4-Д	2,4-Д+N	контроль	2,4-Д	2,4-Д+N
Лизин	163	164	263	292	353	313
	<u>272</u>	<u>340</u>	<u>297</u>	<u>272</u>	<u>349</u>	<u>307</u>
Гистидин	118	142	244	140	178	170
	<u>123</u>	<u>169</u>	<u>147</u>	<u>139</u>	<u>153</u>	<u>155</u>
Аргинин	233	270	317	280	Не опр.	Не опр.
	<u>178</u>	<u>274</u>	<u>227</u>	<u>223</u>	<u>248</u>	<u>249</u>
Аспарагиновая	481	641	756	527	653	604
	<u>290</u>	<u>410</u>	<u>364</u>	<u>379</u>	<u>394</u>	<u>373</u>
Треонин	228	290	366	242	284	273
	<u>178</u>	<u>262</u>	<u>234</u>	<u>237</u>	<u>244</u>	<u>239</u>
Серин	257	315	462	254	332	315
	<u>198</u>	<u>266</u>	<u>245</u>	<u>240</u>	<u>252</u>	<u>238</u>
Глутаминовая	687	925	1147	707	845	802
	<u>402</u>	<u>543</u>	<u>495</u>	<u>499</u>	<u>551</u>	<u>516</u>
Пролин	286	422	388	311	382	341
	<u>287</u>	<u>371</u>	<u>325</u>	<u>348</u>	<u>358</u>	<u>368</u>
Глицин	270	356	407	283	372	352
	<u>170</u>	<u>226</u>	<u>206</u>	<u>208</u>	<u>227</u>	<u>215</u>
Аланин	289	393	341	305	376	340
	<u>216</u>	<u>316</u>	<u>272</u>	<u>247</u>	<u>282</u>	<u>276</u>
Валин	253	305	400	259	301	297
	<u>250</u>	<u>368</u>	<u>322</u>	<u>297</u>	<u>311</u>	<u>306</u>
Метионин	84	110	138	79	99	85
	<u>32</u>	<u>57</u>	<u>56</u>	<u>62</u>	<u>46</u>	<u>68</u>
Изолейцин	128	175	249	160	164	168
	<u>140</u>	<u>208</u>	<u>176</u>	<u>175</u>	<u>179</u>	<u>173</u>
Лейцин	353	457	342	389	430	421
	<u>234</u>	<u>305</u>	<u>278</u>	<u>259</u>	<u>264</u>	<u>266</u>
Тирозин	193	243	318	201	258	249
	<u>269</u>	<u>240</u>	<u>212</u>	<u>205</u>	<u>213</u>	<u>215</u>
Фенилаланин	192	246	336	199	252	227
	<u>176</u>	<u>285</u>	<u>238</u>	<u>251</u>	<u>261</u>	<u>250</u>
Сумма незаменимых	1519	1888	2336	1759	2062	1954
	<u>1404</u>	<u>1992</u>	<u>1747</u>	<u>1692</u>	<u>1806</u>	<u>1764</u>

Изменения содержания аминокислот определяются как внутренними факторами, действующими в растительном организме, так и рядом внешних, влияющих на физиологические процессы. Так, по данным Н. С. Осика [8], при недостатке влаги у подсолнечника значительно уменьшалось содержание большинства незаменимых аминокислот и одновременно увеличивалось количество аспарагиновой и особенно глутаминовой кислот. Улучшение условий питания способствовало повышению качества белка, в частности, возрастанию суммы незаменимых аминокислот [9]. Эти примеры, а также результаты наших опытов по годам показывают, что чем благоприятнее условия для возделывания

культуры, тем выше биологическая ценность белка. Как утверждает ряд исследователей [5, 11, 12], к изменениям в аминокислотном обмене приводит также и использование физиологически активных соединений.

Известно, что аминокислотный состав индивидуальных белков обусловлен генетической природой растения и не зависит от условий их выращивания [9, 13]. Поэтому изменения аминокислотного состава суммарных белков под действием регуляторов роста объясняются изменением соотношения белковых фракций, в пределах которых возможны серьезные различия в процентном отношении разных аминокислот.

В наших опытах при использовании физиологически активных соединений наблюдались определенные изменения в соотношении между ингредиентами суммарных белков (табл. 3). Наиболее стабильным было содержание в белке треонина, глицина и тирозина. Относительно мало менялось также количество глютаминовой и аспарагиновой кислот.

В неблагоприятных условиях вегетации после обработки растений в начале периода накопления углеводов смешанным раствором 2,4-Д и мочевины у сорта Эккендорфская желтая отмечено повышение содержания 7 незаменимых аминокислот (при резком снижении доли лейцина). После торможения роста молодых листьев в августе в результате воздействия 2,4-Д в условиях благоприятного сезона в суммарном белке несколько возрастал процент треонина, валина, метионина, изолейцина и фенилаланина.

Характерна динамика содержания связанных аминокислот, вычисленного в процентах от белка. На примере сорти типа Эккендорфская в благоприятных условиях вегетации за период с середины августа до начала октября в контрольном варианте можно проследить четко выраженное увеличение содержания лизина и гистидина и снижение содержания треонина. К концу вегетации суммарное содержание незаменимых аминокислот увеличивалось (с 38,1 до 40,8 %). После применения 2,4-Д общее содержание незаменимых аминокислот через 2 нед после обработки несколько повышалось (особенно при комплексном использовании регулятора роста и мочевины) по сравнению с контролем, но к уборке различий между вариантами по этому показателю практически не было (табл. 4).

Несмотря на некоторые изменения содержания аминокислот в суммарных белках корнеплодов при использовании физиологически активных соединений, в целом их состав оставался достаточно стабильным. Абсолютное содержание связанных аминокислот в биомассе корнеплодов варьировало в относительно широких пределах, что связано главным образом с изменением количества белков.

При обработке свеклы 2,4-Д в корнеплодах повышался процент белка по сравнению с контролем и увеличивалось содержание связанных аминокислот (табл. 5).

Т а б л и ц а 6

Сбор белка и незаменимых аминокислот (кг/га) с урожаем корнеплодов кормовой свеклы при использовании 2,4-Д в начале периода накопления углеводов

Вариант	1976 г.		1977 г.	
	белок	незам. аминокислоты	белок	незам. аминокислоты
Эккендорфская желтая				
Контроль	199	68	344	141
2,4-Д	290	95	422	172
2,4-Д+N	351	120	361	146
Баррес				
Контроль	148	53	381	152
2,4-Д	204	72	407	162
2,4-Д+N	151	54	435	173

У изучаемых нами сортотипов кормовой свеклы наблюдалась различная реакция на добавление мочевины к раствору 2,4-Д. Эта комбинация обеспечивала значительное повышение суммы связанных аминокислот в биомассе у растений влаголюбивого и урожайного сорта Эккендорфская желтая в условиях холодного и дождливого сезона 1976 г., прибавка составила 53,6 % к сумме аминокислот, тогда как у сорта Баррес, отличающегося более высоким содержанием сухого вещества, преимущество имела обработка одной 2,4-Д (табл. 5). Использование 2,4-Д без мочевины при возделывании сорта Эккендорфская желтая давало больший эффект в условиях благоприятного сезона 1977 г. Эта специфическая обратная зависимость заслуживает специального изучения.

При благоприятном распределении температур и осадков у сортотипа Эккендорфская повышенное содержание всех связанных аминокислот по сравнению со стандартом наблюдалось даже при мощном развитии растений в контроле. Торможение роста молодых листьев сопровождалось при этом увеличением количества лизина — на 25 %, гистидина — на 38, треонина и валина — на 47, метионина — на 79, изолейцина — на 49 %. Столь существенные качественные изменения определяются прежде всего повышением содержания белка в сухом веществе корнеплодов.

Сбор аминокислот с единицы площади — интегральный показатель, определяемый валовой урожайностью, процентом белка и его составом. Отмеченная применительно к сортотипу Эккендорфская зависимость эффекта от включения мочевины в раствор 2,4-Д получает наглядное подтверждение в относительной разнице с контрольным вариантом по сбору незаменимых аминокислот, который в этом случае в условиях холодного и дождливого сезона был выше, чем в контроле, на 77 % (табл. 6).

Даже в благоприятном 1977 г. при вдвое больших сборах аминокислот во всех вариантах разница по суммарному сбору незаменимых аминокислот между контролем и вариантом с использованием одного 2,4-Д у сорта Эккендорфская желтая достигала 25 %. Интересно отметить, что у сорта Баррес наблюдалась противоположная реакция: эффект от применения смешанного раствора выше в условиях благоприятного сезона, а при использовании 2,4-Д без мочевины — в условиях неблагоприятного.

Выводы

1. Применение бутилового эфира 2,4-Д в концентрации 0,004 % (по д. в.) в начале периода усиленного накопления углеводов обеспечивает статистически достоверное повышение урожайности корнеплодов у сортов кормовой свеклы Эккендорфская желтая и Баррес.

2. Изучаемые сорта свеклы различаются по реакции на воздействие бутиловым эфиром 2,4-Д и смеси его с мочевиной. Применение мочевины в качестве синергитической добавки повышает эффект от обработки 2,4-Д в августе при пониженных температурах и обилии осадков у влаголюбивого сорта Эккендорфская желтая, а при благоприятных уровне и распределении температур — у более требовательного к теплу сорта Баррес, отличающегося большей засухоустойчивостью.

3. Торможение роста ювенильных листьев при обработке 2,4-Д в ингибирующей концентрации в середине августа сопровождалось увеличением содержания белка в корнеплодах. При этом валовой сбор белка возрастал на 23—38 %.

4. Аминокислотный состав суммарного белка свеклы под воздействием обработки бутиловым эфиром 2,4-Д не изменялся. Наряду с

повышением урожайности корнеплодов и увеличением содержания белка увеличивался выход незаменимых аминокислот с единицы площади обработанных посевов на 30—50 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский Н. С. Приемы управления ростом кормовой и сахарной свеклы первого года жизни. — Докл. ТСХА, 1967, вып. 131, с. 57—60. — 2. Архангельский Н. С. Сахарная свекла на Опытной станции полеводства. — Докл. ТСХА, 1972, вып. 180, ч. I, с. 131—147. — 3. 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. — 4. Березовский М. Я. Регулирование взаимодействия растений с гербицидами как основа повышения их эффективности. Доклад — обобщение научных работ, представленных на соискание ученой степени доктора с.-х. наук. М., 1966. — 5. Груздев Л. Г. Качество белков зерна злаков при применении синтетических регуляторов роста. В сб.: Проблемы белка в сельск. хоз-ве. М.: Колос, 1975, с. 531—536. — 6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. — 7. Земская В. А., Ракитин Ю. В., Черникова А. М., Калиберная З. В. О природе связи 2,4-Д с белками листьев кукурузы. — Физиол., 1975, т. 22, № 5, с. 1044—1047. — 8. Осин Н. С. Условия влагообеспеченности и аминокислотный состав белков подсолнечника. — Докл. ВАСХНИЛ, 1975, № 3, с. 25—27. — 9. Плешков Б. П. Изучение питания и азотистого обмена в растениях в работах кафедры агрохимии. — Изв. ТСХА, 1967, вып. 5, с. 79—91. — 10. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. — 11. Сытник К. М. Аминокислотный обмен у кукурузы в зависимости от стимуляции ее роста. — В сб.: Питание и удобрение растений. Киев: Наукова думка, 1965, с. 47—50. — 12. Сытник К. М., Мусатенко Л. И. Ростовая активность растений и ее связь с метаболизмом азотсодержащих веществ. — В сб.: Рост и устойчивость растений. Киев: Наукова думка, 1968, вып. 4, с. 10—13. — 13. Yost H. — Cellular physiology. Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1972.

Статья поступила 17 сентября 1981 г.

SUMMARY

The effect of 2,4-D, as physiologically active substance, and urea on yielding capacity and chemical composition of stock beet was studied in 1975—1978. Plants of Ekkendorfskaja and Barres varieties were sprayed with the solutions of these preparations in concentration 0.04 and 0.23 % respectively in mixture or separately at the beginning of intensive accumulation of carbohydrates (mid August). The highest effect of the treatment was under favourable water regime. Higher amount of proteins and bound amino acids was due to retardation of young leaves growth at the inhibiting concentration of 2,4-D in August. The amount of protein per unit of acreage got higher by 23—38 %, the yield of irreplaceable amino acids increased by 30—50 kg/ha.