

## ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СУХИХ ВЕЩЕСТВ В ЛИСТОВОМ АППАРАТЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВОЙ СВЁКЛЫ ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

**А.М. Соловьёв, д.с.-х.н., В.А. Шевченко, ак. РАН, Н.П. Попова, к.с.-х.н., А.Ю. Кульчев,  
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»  
127550, Москва, ул. Б. Академическая, 44**

*Изучены особенности накопления водорастворимых сухих веществ в листовом аппарате и продуктивность кормовой свеклы ЭЖ и полусахарной (ПС) при разных схемах полива и неодинаковой относительной влажности корнеобитаемого слоя почвы по периодам роста и развития растений. Установлено, что показатель концентрации водорастворимых сухих веществ тесно связан с относительной влажностью почвы ( $r > 0,7$ ), что позволяет использовать его для определения сроков полива с целью поддержания оптимальной относительной влажности почвы на уровне 70-75% ПВ. Доказано, что в условиях недостаточного увлажнения для получения максимальных сборов полезной продукции с 1 га на посевах кормовой свеклы ЭЖ и полусахарной следует проводить пять поливов по схеме: один в период от всходов до формирования 7-го листа;*

*три во время от смыкания растений в рядах до начала размыканий междурядий;*

*один в период от размыкания междурядий до начала усыхания ботвы. Такая схема с поливной нормой 400 м<sup>3</sup>/га и оросительной 2000 м<sup>3</sup>/га обеспечивает оптимальное увлажнение корнеобитаемого слоя почвы и способствует максимальному сбору сухого вещества с 1 га посевов.*

*Ключевые слова:* засушник, влажность почвы, кормовая и полусахарная свекла, поливная и оросительная норма.

Для цитирования: Шевченко В.А., Соловьёв А.М., Попова Н.П., Кульчев А.Ю. Динамика накопления водорастворимых сухих веществ в листовом аппарате и продуктивность кормовой свёклы при разных режимах влажности почвы в условиях Нечерноземья// Плодородие. – 2024. – №3. – С. 100-103. DOI: 10.24412/1994-8603-2024-3138-100-103. EDN: WAFUCY.

Кормовая свекла является сочным легкопереваримым кормом, питательная ценность которого определяется содержанием необходимых животному организму веществ: углеводов, безазотистых экстрактивных веществ, минеральных солей и витаминов. Химический состав корнеплодов и ботвы благоприятно действует на физиологию пищеварения животных и способствует лучшему поеданию и усвоению грубых и концентрированных кормов. В 1 кг корнеплодов кормовой свеклы содержится 0,12 к. е., а в сортах полусахарного типа – 0,15 к. е.

Важным свойством кормовой и полусахарной разновидности свеклы является также высокая урожайность ботвы, выход которой составляет 18-35% от массы корнеплодов. Листья свеклы по кормовому достоинству не уступают зелёной массе злаковых трав и служат ценным кормом для молочных коров, свиней и домашней птицы [1].

Кормовая свекла является незаменимым кормом для коров, поскольку стимулирует работу молочной железы и повышает молочную продуктивность дойного стада. Свеклу полусахарного типа используют при откорме свиней, способствуя повышению суточных привесов животных [2, 3].

В условиях интенсификации производства продукции животноводства, планомерное укрепление кормовой базы, обеспечивающее полное удовлетворение потребности в животных кормах в необходимом количестве с надлежащим качеством приобретает особое значение. Всё это определяет разработку интенсивной водо- и

энергосберегающей технологии возделывания кормовой свеклы для регионов недостаточного увлажнения [4, 5].

В связи с глобальным потеплением климата, важное значение приобретает гидромелиорация – коренное улучшение водно-воздушного и теплового режимов почвы. С целью обеспечения благоприятных условий для роста и развития растений грунтовые воды на протяжении вегетационного периода не должны опускаться при возделывании кормовых корнеплодов ниже 90-100 см, что в условиях засухи можно обеспечить только орошением посевов [6, 7].

**Цель наших исследований** – изучить продуктивность кормовой и полусахарной разновидности свеклы в зависимости от влагообеспеченности посевов при разных схемах поливов по периодам роста и развития растений.

**Методика.** Исследования выполнены в специально построенном засушнике глубиной 1,5 м, который представляет из себя делянку, изолированную от почвенной влаги в вертикальной плоскости с помощью глиняного замка. Сверху засушник имеет двускатную крышу, накрытую прозрачной полиэтиленовой плёнкой, что обеспечивает его защиту от выпадающих дождей. Высота крыши 2 м, что позволяет исследователю беспрепятственно вести наблюдение за ростом и развитием растений свеклы и отбирать растительные пробы в период вегетации растений.

Засушник площадью 3×20 м был вертикально разделён на четыре зоны с помощью плотной армированной

плёнки также на глубину 1,5 м. Площадь каждого участка 15 м<sup>2</sup> (3×5 м), в котором поддерживался различный уровень влагообеспеченности посевов:

I. Без полива (ПВ 65-35%, абсолютная влажность почвы 17,6-9,5%).

II. Поддержание режима оптимальной рекомендуемой влажности (ПВ 65-70%, абсолютная влажность почвы 17,6-18,9% – контроль).

III. Поддержание режима повышенной влажности (ПВ 70-75%, абсолютная влажность почвы 18,9-20,3%).

IV. Поддержание режима избыточной влажности (ПВ 75-80%, абсолютная влажность почвы 20,3-21,6%).

В качестве объекта исследований использовали районированные сорта кормовой свеклы – Эккендорфская жёлтая (ЭЖ) и Полусахарная розовая (ПР).

Опыт заложен в четырёхкратной повторности, ширина междурядий 45 см, расстояние между растениями в рядке 20 см, в каждом рядке 15 растений. Всего в каждом варианте 8 учётных рядков и по 2 защитных рядка с обеих сторон делянки.

Всходы получали за счёт осадков, накопленных в осенне-зимний и ранневесенний периоды. Посев проводили вручную и сразу после него устанавливали двухскатную крышу, обеспечивающую защиту делянок от дождя, на 0,5 м от глиняного замка.

Сроки полива для каждого режима влажности устанавливали исходя из влажности почвы способом залива площадок (метод А.П. Розова) и значений абсолютной влажности корнеобитаемого слоя (метод высушивания образцов до постоянной массы в термостате) [2].

Поливную норму (м<sup>3</sup>/га) рассчитывали по формуле А.Н. Костякова [8]:

$$m = 100 \cdot h \cdot d \cdot (y_{\max} - y_{\min}),$$

где  $h$  – расчётный слой почвы, м;  $d$  – плотность почвы, т/м<sup>3</sup>;  $y_{\max}$  – верхняя граница оптимального увлажнения почвы, %;  $y_{\min}$  – влажность почвы при определении %.

Учёт урожая корнеплодов проводили сплошным методом, умножая среднюю массу корнеплода на густоту стояния растений в расчёте на 1 га посевной площади. Определение водорастворимых сухих веществ в корнеплодах свеклы выполнено с помощью лабораторного рефрактометра РПЛ-2; анализ содержания сухих веществ – методом высушивания по ГОСТ 32640-2012. Изучение динамики водорастворимых сухих веществ в ассимиляционном аппарате проводили с 14 до 15 час. Для этого использовали листья среднего яруса, из которых клеточный сок отжимали ручным прессом и анализировали его в пятикратной повторности.

Расчётные дозы НРК вносили под заданную урожайность корнеплодов кормовой свеклы – 850 ц/га и полусахарной – 700 ц/га перед посевом с учётом эффективного плодородия почвы по методике [9]. Математическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа [10] с использованием компьютерной программы Statistika.

**Результаты и их обсуждение.** Всходы кормовой и полусахарной свеклы во всех вариантах опыта появились в среднем за три года исследований одновременно на 14-й день после посева, поскольку влажность почвы была одинаковой за счёт осадков осенне-зимнего и ранневесеннего периодов. В дальнейшем интенсивность развития растений и накопление в ассимиляционном аппарате содержания водорастворимых сухих веществ изменялись в зависимости от режимов орошения и поддержания в пахотном слое заданной влажности почвы (табл. 1). Так, в конце первого периода по состоянию на 15 июня, когда растения достигли фазы 7-го листа, максимальная концентрация водорастворимых сухих веществ в ассимиляционном аппарате среднего яруса у кормовой и полусахарной свеклы отмечена в варианте без полива (соответственно, 6,30 и 10,21%), что на 0,10 и 0,61% выше, чем в контрольном варианте, где в течение вегетационного периода поддерживалась оптимальная влажность почвы в интервале 65-70% ПВ.

1. Динамика накопления водорастворимых сухих веществ в листьях кормовой свеклы при разных режимах орошения (в среднем за три года)

Дата наблюдения	(в среднем за три года)								НСР <sub>05</sub> по датам, %
	Вариант опыта								
	65-35% ПВ (без полива)		65-70% ПВ (контроль)		70-75% ПВ		75-80% ПВ		
	Схема полива по периодам								
	0 — 0 — 0		1 — 2 — 1		1 — 3 — 1		2 — 4 — 2		
	ЭЖ	ПР	ЭЖ	ПР	ЭЖ	ПР	ЭЖ	ПР	
15.06	6,30	10,21	6,20	9,60	5,72	9,30	5,40	8,83	0,42
1.07	6,74	11,59	6,53	11,15	6,40	10,58	5,95	10,02	0,47
15.07	7,42	13,30	7,19	13,05	6,54	12,44	6,15	11,64	0,53
1.08	8,03	14,68	7,56	14,20	6,78	13,25	6,30	12,21	0,57
15.08	8,95	15,97	8,57	15,65	7,27	14,53	7,00	13,59	0,62
1.09	9,40	16,50	8,91	16,06	8,45	15,20	8,14	14,42	0,66
15.09	10,28	17,05	9,95	16,52	9,24	15,47	8,97	14,85	0,70
1.10	10,35	17,26	10,05	16,71	9,36	15,60	9,12	15,00	0,71
В среднем	8,43	14,57	8,12	14,12	7,47	13,30	7,13	12,57	0,59
НСР <sub>05</sub> по поливам, %	0,45 — 0,60 — 0,74								

Примечание. Сорта кормовой свеклы: ЭЖ – Эккендорфская жёлтая, ПВ – Полусахарная розовая.

В аналогичный период наблюдений по мере увеличения влажности корнеобитаемого слоя отмечено снижение концентрации клеточного сока в листьях, однако у кормовой свеклы сорта ЭЖ оно было достоверным уже при влажности 70-75% ПВ, в то время как у полусахарной разновидности существенное снижение содержания водорастворимых сухих веществ обнаружено лишь при влажности 75-80% ПВ.

Период интенсивного листообразования и роста корнеплодов у обоих сортов свеклы продолжается со второй половины июня до середины августа (≈55-60 дней). За это время в варианте без полива, где абсолютная влажность почвы постепенно понижалась с 17,6 до 9,5%, концентрация клеточного сока в листьях кормовой свеклы ЭЖ увеличилась на 0,21-0,38%, а у полусахарной разновидности – на 0,25-0,32%, что при НСР<sub>05</sub> = 0,47-0,62 было несущественно.

В вариантах опыта, где влажность почвы была выше, чем на контроле, во второй период роста и развития посевов обнаружена отчётливая тенденция к снижению концентрации водорастворимых сухих веществ в листьях, которая у обоих сортов составила: при влажности 70-75% ПВ 0,13-1,30 и 0,57-1,12%, а при 75-80% ПВ 0,58-1,57 и 1,13-2,06%, что в первом было достоверным снижением в большинстве случаев, а во втором – всегда при  $HCP_{05} = 0,47-0,62\%$ .

Заключительный период формирования урожая свеклы продолжается со второй половины августа до уборки урожая ( $\approx 40-45$  дней). В это время пластические вещества, накопленные в листьях, во всех вариантах опыта имеют наивысшую концентрацию. Тем не менее, максимальное содержание водорастворимых сухих веществ относительно контроля обнаружено в варианте без полива (+0,49 – +0,30% у кормовой и +0,44 – +0,55% у полусахарной свеклы), что при  $HCP_{05} = 0,66-0,71\%$  было недостоверной прибавкой.

По мере увеличения влажности почвы до 70-75% ПВ отмечено снижение концентрации данного показателя в клеточном соке, которое составило 0,46-0,69% у кормовой и 0,86-1,11% у полусахарной свеклы. Дальнейшее увлажнение корнеобитаемого слоя до 75-80% ПВ вызвало ещё более заметное снижение содержания водорастворимых сухих веществ в листьях относительно контрольного варианта, составившее –0,77...–0,93% у кормовой и –1,64...–1,71% у полусахарной, что явилось статистически достоверным уменьшением.

На основании анализа полученных данных можно заключить, что между влажностью почвы и содержанием водорастворимых сухих веществ в листьях свеклы существует тесная обратная связь ( $r > 0,7$ ), которая сохраняется на протяжении всего вегетационного периода: чем выше влажность корнеобитаемого слоя, тем ниже концентрация клеточного сока ассимиляционного аппарата.

Нами изучен сбор сухих веществ в корнеплодах кормовой и полусахарной свеклы при разных режимах влажности почвы (табл. 2).

**2. Динамика накопления сухих веществ в корнеплодах кормовой и полусахарной свеклы по периодам роста и развития растений при разных режимах влажности почвы, ц/га**

Вариант опыта	Эккендорфская жёлтая				Полусахарная розовая			
	Периоды роста и развития растений							
	I	II	III	Всего за вегетацию	I	II	III	Всего за вегетацию
1. 65-35% ПВ (без полива)	14,90	28,07	3,73	46,70	18,41	37,31	5,65	61,37
2. 65-70% ПВ (контроль)	15,12	57,36	14,43	86,91	19,06	73,45	18,94	111,45
3. 70-75% ПВ	19,53	78,23	22,78	120,54	25,01	101,61	29,71	156,33
IV. 75-80% ПВ	19,06	78,31	24,04	121,41	24,52	101,87	31,79	158,18
НСР <sub>05</sub>	1,17	4,20	1,15	6,58				

Установлено, что среди изученных режимов орошения оптимальным следует признать вариант с

поддержанием в течение вегетационного периода относительной влажности корнеобитаемого слоя почвы на уровне 70-75% ПВ, который обеспечил сбор сухого вещества на посевах кормовой свеклы 120,54 и 156,33 ц/га на посевах полусахарной, что всего лишь, соответственно, на 0,87 и 1,85 ц/га меньше, чем в варианте с влажностью 75-80% ПВ при  $HCP_{05} = 6,58$  ц. Из этого следует, что при более высоком уровне увлажнения почвы (75-80% ПВ) оросительная вода используется менее эффективно, поскольку три дополнительных полива по отношению к оптимальной влажности (70-75% ПВ) увеличивают удельные затраты воды на 1 ц сухого вещества, что негативно влияет на себестоимость продукции.

Согласно нашим расчётам, удельные затраты воды на 1 ц сухого вещества значительно различались по вариантам опыта и составили: при поддержании влажности почвы 65-70% ПВ на посевах кормовой свеклы – 11,51 м<sup>3</sup>, а на посевах полусахарной – 8,97 м<sup>3</sup>; в варианте с уровнем влажности корнеобитаемого слоя 70-75% ПВ, соответственно, 16,59 и 12,79 м<sup>3</sup>; при влажности 75-80% ПВ – 37,06 и 28,45 м<sup>3</sup>.

В результате проведенных исследований установлено, что при всех значениях влажности корнеобитаемого слоя почвы наибольшее накопление сырой массы корнеплодов у полусахарной и кормовой свеклы отмечено во второй период онтогенеза, продолжительность которого составляет в среднем 61 день. В течение этого времени у обоих сортов формируется в среднем по всем вариантам опыта 64,4% урожая корнеплодов (табл. 3).

**3. Накопление сырой массы корнеплодов по периодам роста и развития растений кормовой свеклы при разных режимах увлажнения корнеобитаемой зоны, ц/га**

Вариант опыта	Эккендорфская жёлтая				Полусахарная розовая			
	I	II	III	Всего за вегетацию	I	II	III	Всего за вегетацию
1. 65-35% ПВ (без полива)	101	190	25	316	79	159	24	262
2. 65-70% ПВ (контроль)	102	388	98	588	81	310	80	471
3. 70-75% ПВ	138	555	162	855	109	441	129	679
4. 75-80% ПВ	137	562	172	871	110	455	142	707
$HCP_{05}$	7	23	6	36				

Отмечено, что в первый период роста, продолжающийся до фазы 7-го листа, в варианте без полива у кормовой свеклы накапливалось 32,0% сырой массы корнеплодов, а у полусахарной – 30,2%. В третий период роста и развития растений свеклы на контроле формируется всего лишь 7,9% сырого вещества корнеплодов у кормовой и 9,2% у полусахарной свеклы.

При поддержании влажности почвы на уровне 65-70% ПВ существенных различий по нарастанию сырой массы корнеплодов у обоих сортов между первым и третьим периодами не установлено (102 и 98 ц/га у кормовой; 81 и 80 ц/га у полусахарной свеклы при  $HCP_{05} = 7$  и 6 ц); в то же время достоверное превышение в пользу кормовой свеклы отмечено между сортотипами.

С увеличением влажности почвы до 70-75% ПВ установлена статистически доказуемая разность по накоплению сырого вещества корнеплодов в третьем периоде по сравнению с первым: +24 ц/га у кормовой и +20 ц/га у

полусахарной. Это объясняется, на наш взгляд, сохранением ассимиляционной деятельности листового аппарата.

Максимальная урожайность корнеплодов получена в варианте при возделывании свеклы с влажностью почвы 75-80% ПВ (871 ц/га у кормовой и 707 ц/га у полусахарной). Однако разница между влажностью почвы на уровне 70-75 и 75-80% ПВ составила 16 и 28 ц/га, что при  $HC_{P05} = 36$  ц находится в пределах статистической погрешности.

На основании полученных результатов можно заключить, что в условиях недостаточного увлажнения южных регионов Нечернозёмной зоны целесообразно возделывать районированные сорта и гибриды кормовой и полусахарной свеклы с уровнем относительной влажности почвы 70-75% ПВ. Такой режим орошения позволяет оптимизировать количество поливов до 5 по схеме 1 – 3 – 1 по периодам роста и развития посевов с поливной нормой 400 м<sup>3</sup>/га и оросительной 2000 м<sup>3</sup>/га. В данном случае обеспечивается нормальное увлажнение заданной глубины корнеобитаемого слоя, которая составляет 70 см в первый период, 100 см – во второй и третий периоды. При дальнейшем повышении влажности поливная вода используется крайне неэффективно.

**Выводы.** 1. На протяжении вегетационного периода установлена сильная обратная корреляционная зависимость между содержанием водорастворимых сухих веществ в листовом аппарате кормовой и полусахарной свеклы ( $r > 0,7$  ед.) и относительной влажностью корнеобитаемого слоя. Это позволяет использовать значения концентрации клеточного сока листьев для поддержания оптимальной влажности почвы в производственных условиях.

2. При оптимальном режиме увлажнения почвы содержание водорастворимых сухих веществ в клеточном соке листьев в среднем составляет: для кормовой свеклы в I период – 5,7%, во II – 7,1 и в III период – 9,4%; для полусахарной свеклы, соответственно, 9,3%, 13,0 и 15,9%.

3. В условиях недостаточного увлажнения южных регионов Нечернозёмной зоны сорта и гибриды кормовой

и полусахарной свеклы целесообразно возделывать с уровнем относительной влажности почвы 70-75% ПВ, которая поддерживается схемой поливов 1 – 3 – 1 по периодам роста и развития посевов. Поливная норма 400 м<sup>3</sup>/га и оросительная норма 2000 м<sup>3</sup>/га обеспечивает нормальное увлажнение корнеобитаемого слоя почвы в течение вегетационного периода растений и способствует получению высоких сборов сухого вещества в расчёте на 1 га посевов. При этом урожайность корнеплодов у кормовой свеклы составляет 855 ц/га, у полусахарной – 679 ц/га; сбор сухих веществ равен, соответственно, 120,54 и 156,33 ц/га.

#### Литература

1. Соловей Ф.М., Киреев В.Н., Фомичёв А.М., Кузякин В.А. Кормовая свекла (интенсивная технология). — М.: ВО «Агропромиздат», 1988. — 87 с.
2. Шевченко В.А., Фирсов И.П., Соловьёв А.М., Гаспарян И.Н. Практикум по технологии производства продукции растениеводства / Под ред. И.П. Фирсова. — СПб.: Лань, 2014. — С. 254-296.
3. Кормовая свекла / В. А. Шевченко, С. П. Ступин, А. М. Соловьёв [и др.]. — М.: Агробизнесцентр, 2005. — 292 с.
4. Пулатов Я.Э., Караев А.Б. Продуктивность кормовой свеклы в зависимости от предполивной влажности почвы // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. — Душанбе, 2007. — № 3. — С. 6-9.
5. Размещение сельскохозяйственных культур по регионам Нечерноземной зоны и фитосанитарное состояние вводимых в оборот ранее мелиорированных земель: Методические рекомендации / В. А. Шевченко, А. М. Соловьёв, Г. И. Бондарева, Н. П. Попова. — М.: ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2020. — 34 с.
6. Кружилин И.П., Мушинский А.С. Урожайность свеклы в зависимости от режимов орошения и доз удобрений // Мелиорация и водное хозяйство. — 2002. — № 6. — С. 34-36.
7. Эффективные приемы окультуривания залежных земель в Нечерноземной зоне России / С. А. Новиков, В. А. Шевченко, А. М. Соловьёв [и др.]. — М.: РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. — 132 с.
8. Костяков А.Н. Основы мелиорации. — М.: Сельхозгиздат, 1960. — 622 с.
9. Каюмов М.К., Сенина М.В. Биоклиматический потенциал продуктивности и урожайность кормовой свеклы // Сб.: Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур. — Нижний Новгород, 2002. — С. 44-46.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

#### DYNAMICS OF ACCUMULATION OF WATER-SOLUBLE DRY SUBSTANCES IN THE LEAF APPARATUS AND PRODUCTIVITY OF FODDER BEET UNDER DIFFERENT SOIL MOISTURE REGIMES IN THE CONDITIONS OF THE NON-BLACK EARTH REGION

V.A. Shevchenko, *ak. RAS*, A.M. Solovyov, *Doctor of Agricultural Sciences*,  
N.P. Popova, *Ph.D.*, A.Yu. Kulchev,  
VNIIGiM im. A.N. Kostyakov  
127550, Moscow, st. B. Akademicheskaya, 44

*The features of the accumulation of water-soluble dry substances in the leaf apparatus and the productivity of fodder and semi-sugar beet under different irrigation schemes and unequal relative humidity of the root-inhabited soil layer were studied according to the periods of growth and development of plants. It has been established that the indicator of the concentration of water-soluble solids is closely related to the relative humidity of the soil, ( $r > 0.7$ ), which allows it to be used to set the timing of irrigation in order to maintain the optimal relative soil moisture at the level of 70...75% of the FPV. It has been proved that in conditions of insufficient moisture, in order to obtain the maximum yield of useful products from 1 ha, on crops of fodder and semi-sugar beet, five irrigations should be carried out according to the scheme:*

*1 – in the period from germination to the formation of the 7th leaf;*

*3 – during the time from the closing of plants in rows to the beginning of opening of row spacings;*

*1 – in the period from the opening of the row spacing until the beginning of the tops drying. Such a scheme with an irrigation rate of 400 m<sup>3</sup> / ha and an irrigation rate of 2000 m<sup>3</sup> / ha provides optimal moistening of the root layer of the soil and contributes to the maximum collection of dry matter from 1 ha of crops.*

*Key words: dry land, soil moisture, fodder and semi-sugar beet, irrigation and irrigation rate.*