

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-3-102-106>
УДК: 633.41:631.67:504.7

В.А. Шевченко, А.М. Соловьёв,
Н.П. Попова*, А.Ю. Кульчев

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова» (ФГБНУ «ВНИИГИМ им. А.Н. Костякова» 127434, Россия, Москва, ул. Большая Академическая, д.44, корпус 2

*Автор для переписки: lyn.popova@yandex.ru

Вклад авторов: А.В. Шевченко, А.М. Соловьёв: научное руководство исследованием, проведение полевых опытов, обработка данных, написание и редактирование рукописи. Н.П. Попова, А.Ю. Кульчев: проведение полевых опытов, разработка методики и проведение агрохимических анализов, участие в написании и редактировании рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шевченко В.А., Соловьёв А.М., Попова Н.П., Кульчев А.Ю. Формирование урожая кормовой и полусахарной свеклы при орошении в условиях глобального потепления климата. *Овощи России*. 2024;(3):102-106.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-3-102-106>

Поступила в редакцию: 29.01.2024

Принята к печати: 28.03.2024

Опубликована: 27.05.2024

Viktor A. Shevchenko, Alexey M. Solovyov,
Natalya P. Popova*, Andrey Yu. Kulchev

Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov" 44, Bolshaya Akademicheskaya str., building 2, Moscow, 127434, Russia

*Correspondence Author: lyn.popova@yandex.ru

Contribution of the authors: A.V. Shevchenko, A.M. Solovyov: scientific management of research, conducting field experiments, data processing, writing and editing the manuscript. N.P. Popova, A.Yu. Kulchev: conducting field experiments, developing methods and conducting agrochemical analyses, participating in writing and editing the manuscript.

Conflict of interest: The authors declare that there is not conflict of interest regarding the publication.

For citation: Shevchenko V.A., Solovyov A.M., Popova N.P., Kulchev A.Yu. Формирование урожая кормовой и полусахарной свеклы при орошении в условиях глобального потепления климата. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(3):102-106. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-3-102-106>

Received: 29.01.2024

Accepted for publication: 28.03.2024

Published: 27.05.2024

Формирование урожая кормовой и полусахарной свеклы при орошении в условиях глобального потепления климата

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для снижения негативного влияния последствий засухи на производственный процесс агроценозов полевых культур следует использовать весь комплекс агротехнических и мелиоративных мероприятий, обеспечивающих повышение засухоустойчивости посевов в структуре севооборотов различного назначения. Целью наших исследований явилось изучение динамики формирования сырой массы корнеплодов и сухого вещества по периодам роста и развития свеклы кормового использования при различных режимах влажности корнеобитаемого слоя почвы.

Материал и методика. Исследования выполнены в специально построенном засушливом, представляющем собой делянку размером 3х20 м, изолированную от почвенной влаги на глубину 1,5 м глиняным замком по периферии и плотной армированной полиэтиленовой плёнкой между вариантами. Засушлик был разделён на четыре делянки, каждая площадью 15 м² (3х5 м), в которой на протяжении вегетационного периода поддерживался различный уровень влагообеспеченности. В качестве объекта исследований использовали сорт кормовой свеклы Эккендорфская жёлтая и полусахарной – сорт Полусахарная розовая.

Результаты. Установлено, что при всех значениях влажности максимальное накопление сырой массы корнеплодов у обоих сортоотипов отмечено во второй период роста и развития растений, который продолжается в среднем 60 дней и длится от начала смыкания посевов в рядках до начала размыкания в междурядьях. Среди изученных режимов орошения оптимальным следует признать вариант, где в течение вегетационного периода относительная влажность корнеобитаемого слоя на глубине 1 м поддерживается на уровне 70...75% ППВ. При таком увлажнении урожайность корнеплодов у кормовой свеклы составляет 855 ц/га, у полусахарной — 679 ц/га, а сбор сухих веществ — соответственно 120,54 и 156,33 ц/га. При дальнейшем повышении влажности до 75...80% ППВ рост урожайности и сбор сухого вещества в расчете на 1 га посевов у обоих сортоотипов свеклы находится в пределах статистической погрешности опыта, однако расходы поливной воды на формирование 1 ц сухого вещества при этом увеличиваются в среднем в 2,2 раза, что негативно влияет на себестоимость выращенной продукции. Доказано, что оптимальный режим влажности почвы обеспечивается схемой полива по периодам роста и развития растений 1 — 3 — 1; поливная норма — 400 м³/га, оросительная — 2000 м³/га.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

кормовая и полусахарная свекла, урожайность корнеплодов, сбор сухих веществ, влажность корнеобитаемого слоя, поливная и оросительная норма.

The formation of a crop of fodder and semi-sugar beet under irrigation in conditions of global warming

ABSTRACT

Relevance. To reduce the negative impact of drought on the production process of agroecosystems of field crops, the entire complex of agrotechnical and reclamation measures should be used to ensure increased drought resistance of crops in the structure of crop rotations for various purposes. The purpose of our research was to study the dynamics of the growth of the raw mass of root crops and the collection of dry matter by the periods of growth and development of fodder and semi-sugar beet at different moisture levels of the root layer of the soil.

Material and methodology. The research was carried out in a specially built arid zone, which is a 3x20 m plot, isolated from soil moisture to a depth of 1.5 m by a clay castle along the periphery and a dense reinforced polyethylene film between the variants. The arid area was divided into four plots, each with an area of 15 m² (3x5 m), in which a different level of moisture supply was maintained throughout the growing season. The variety of fodder beet Eckendorf yellow and semi-sugar beet – Semi-sugar pink variety were used as the object of research.

Results. It has been established that at all values of humidity, the maximum accumulation of the raw mass of root crops in both varieties was noted in the second period of growth and development of plants, which lasts an average of 60 days and lasts from the beginning of closing of crops in rows to the beginning of opening in row spacing. Among the studied irrigation regimes, the option should be recognized as optimal, where during the growing season the relative humidity of the root layer at a depth of 1 m is maintained at the level of 70-75% of the WPV. With such moisture, the yield of root crops for fodder beet is 855 centners/ha, for semi-sugar beet – 679 centners/ha, and the collection of dry matter – 120.54 and 156.33 centners/ha, respectively. With a further increase in humidity to 75-80% of the FPV, the increase in yield and collection of dry matter per 1 ha of crops for both beet varieties is within the statistical error of the experiment, however, the cost of irrigation water for the formation of 1 q of dry matter increases by an average of 2.2 times, which negatively affects the cost of grown products. It has been proven that the optimal regime of soil moisture is provided by the irrigation scheme according to the periods of growth and development of plants 1 - 3 - 1; irrigation rate – 400 m³/ha, irrigation rate – 2000 m³/ha.

KEYWORDS:

fodder and semi-sugar beet, root crop yield, collection of dry matter, humidity of the root layer, irrigation and irrigation rate

Введение

Формирование урожая кормовой и полусахарной свеклы определяется интенсивностью продукционного процесса посевов, который базируется на основных законах земледелия, зависит от факторов внешней среды и особенно чувствителен к недостатку каждого из них в критические периоды роста и развития растений [1, 2, 3]. При этом качество урожая свеклы определяется прежде всего благоприятным водно-воздушным, пищевым и тепловым режимами почвы [4, 5]. Управление продукционным процессом агрофитоценоза является фундаментальной задачей ученых и практиков агропромышленного комплекса, поскольку в процессе фотосинтеза формируется 93-97% сухой биомассы свеклы [6, 7, 8, 9].

Для полной реализации продукционного процесса необходимо соблюдать весь комплекс агрометеорологических факторов, поскольку на их долю у свеклы приходится более 30% изменчивости урожайности посевов [10]. Особую актуальность в изучении роли влагообеспеченности агроценозов на динамику формирования продукционного процесса приобретает в настоящее время, когда глобальное изменение климата в сторону аридного потепления является очевидным фактом [11, 12]. По прогнозам учёных, на территории южных и юго-западных регионов Нечернозёмной зоны в период с 2010 по 2069 гг. потепление за вегетационный период составит до 3,0°C, а ежемесячная сумма осадков может уменьшиться до 14 мм, что свидетельствует о грядущем увеличении количества засух и ухудшении гидротермического режима среды обитания культурных видов растений [13].

С целью снижения негативного влияния последствий засухи на продукционный процесс агроценозов полевых культур следует использовать весь комплекс агротехнических и мелиоративных мероприятий, обеспечивающих повышение засухоустойчивости посевов в структуре севооборотов различного назначения.

Целью наших исследований явилось изучение динамики формирования сырой массы корнеплодов и сухого вещества по периодам роста и развития свеклы кормового использования при различных режимах влажности корнеобитаемого слоя почвы.

Методика проведения исследований

Исследования выполнены в специально построенном засушнике, представляющем собой делянку размером 3 20 м, изолированную от почвенной влаги на глубину 1,5 м глиняным замком по периферии и плотной армированной полиэтиленовой плёнкой между вариантами.

Засушник был разделён на четыре делянки, каждая площадью 15 м² (3 5 м), в которой на протяжении вегетационного периода поддерживался различный уровень влагообеспеченности:

I. Без полива (65...35% ППВ или абсолютная влажность почвы 17,6...9,5%). При этом в конце вегетации влажность почвы снизилась до уровня устойчивого завядания (< 10%).

II. Режим 65...70% ППВ или 17,6...18,9% абсолютной влажности почвы (контроль).

III. Режим 70...75% ППВ или 18,9...20,3%, абсолютной влажности почвы.

IV. Режим 75...80% ППВ или 20,3...21,6% абсолютной влажности почвы.

В качестве объекта исследований использовали сорт свеклы кормовой Эккендорфская жёлтая и полусахарной – сорт Полусахарная розовая.

Опыт заложен в 4-х кратной повторности, ширина междурядий 45 см, расстояние между растениями в рядке 20 см, в каждом рядке 15 растений. Всего на каждой делянке располагалось 8 учётных рядков и по 2 защитных рядка с каждой стороны делянки.

Посев проводили вручную 3го мая и сразу же засушник накрывали прозрачной полиэтиленовой плёнкой, что обеспечивало его защиту от атмосферных осадков.

Поливную норму рассчитывали по формуле А.Н. Костякова [14, 15] на основании значений абсолютной и относительной влажности почвы по периодам роста и развития растений. Полив проводили способом залива делянок. Учёт урожая осуществляли сплошным методом; обработка данных выполнена по методике Б.А. Доспехова [16].

Результаты и их обсуждения

Нами изучена динамика нарастания сырой массы корнеплодов у кормовой и полусахарной свеклы по периодам роста и развития растений в зависимости от режимов влажности почвы (табл. 1).

Таблица 1. Накопление сырой массы корнеплодов по периодам роста и развития растений кормовой и полусахарной свеклы при разных режимах увлажнения корнеобитаемой зоны, ц/га
Table 1. Accumulation of raw mass of root crops by periods of growth and development of forage and semi-sugar beet plants under different moisture regimes of the root zone, c/ha

Варианты опыта	Эккендорфская жёлтая				Полусахарная розовая			
	периоды роста и развития растений							
	I	II	III	всего за вегетацию	I	II	III	всего за вегетацию
I. 65...35% ППВ (без полива)	101	190	25	316	79	159	24	262
II. 65...70% ППВ (контроль)	102	388	98	588	81	310	80	471
III. 70...75% ППВ	138	555	162	855	109	441	129	679
IV. 75...80% ППВ	137	562	172	871	110	455	142	707
НСР ₀₅	7	23	6	36				

Установлено, что при всех значениях влажности корнеобитаемого слоя максимальное накопление сырой массы корнеплодов у обоих сортов отмечено во второй период роста и развития растений, который продолжается в среднем 61 день и укладывается в календарные сроки с 16.06 до 15.08. За этот промежуток времени у кормовой и полусахарной свеклы формируется в среднем по всем вариантам опыта 64,4% урожая корнеплодов.

В первый период, который начинается с появления всходов и продолжается до фазы 7го листа, на варианте без полива, где в течение вегетационного периода относительная влажность почвы снижается с 65 до 35% ППВ, а абсолютная — с 17,6 до 9,5%, что для среднесуглинистой почвы соответствует влажности устойчивого завядания (8...10%) у кормовой свеклы накапливается 32,0% сырой массы корнеплодов, а у полусахарной — 30,2%. В заключительный третий период роста и развития свеклы на варианте без полива формируется всего лишь 7,9% сырого вещества корнеплодов у кормовой и 9,2% — у полусахарной свеклы.

При поддержании относительной влажности корнеобитаемого слоя на уровне 65...70% ППВ существенных различий по нарастанию сырой массы корнеплодов внутри обоих сортоотипов между первым и третьим периодами не установлено (102 и 98 ц/га у кормовой; 81 и 80 ц/га у полусахарной свеклы при НСР₀₅=7 и 6 ц), в то время как между сортоотипами отмечено достоверное превышение в пользу кормовой свеклы.

По мере увеличения влажности корнеобитаемого слоя до 70...75% ППВ наблюдается 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 свеклы, что объясняется сохранением жизнедеятельности листового аппарата и более интенсивным их функционированием по сравнению с предыдущим вариантом. При таком увлажнении почвы следует добиваться сохранения листового аппарата вплоть до уборки урожая главным образом за счёт интегрированной системы мер по защите растений от вредителей и болезней.

Значительное влияние на сохранность ботвы оказывает применение рациональной системы питания растений. По нашим наблюдениям усиленное азотное питание способствует листообразованию, однако при этом затеваются листья нижнего яруса, что снижает их фотосинтетическую активность, вызывает преждевременное отмирание наиболее крупных листьев второго десятка, понижает урожайность и качество корнеплодов.

Возделывание свеклы при влажности 75...80% ППВ обеспечивает у обоих сортоотипов одинаковое нарастание урожая корнеплодов в первый период роста и развития растений по сравнению с влажностью 70...75% ППВ, однако в третьем периоде наблюдается достоверная прибавка урожайности: +10 ц/га у кормовой и +13 ц/га у полусахарной свеклы при НСР₀₅=6 ц. На данном варианте получена максимальная урожайность корнеплодов у кормовой и полусахарной свеклы (соответственно 871 и 707 ц/га), однако разница по данному показателю между поддержанием влажности на уровне 70...75 и 75...80% ППВ составила 16 и 28 ц/га, что при

НСР₀₅ = 36 ц находится в пределах статистической погрешности опыта.

Следовательно, в условиях недостаточного увлажнения оптимальным режимом орошения кормовой и полусахарной свеклы являются поливы по схеме 1 – 3 – 1, обеспечивающие влажность корнеобитаемого слоя в пределах 70...75% ППВ. Такой режим орошения позволяет оптимизировать количество поливов, поскольку заданная глубина увлажнённого слоя почвы обеспечивается и составляет в первый период – 70 см, во второй – 100 см и в третий период – 150 см.

Количество накопленного сухого вещества определяет общую продуктивность посевов и характеризует работоспособность агроценоза как по периодам роста и развития растений, так и в целом за вегетацию. На процесс накопления сухого вещества в корнеплодах свеклы влияют многие факторы, среди которых преобладают такие как уровень минерального питания, гранулометрический состав почвы, применяемая технология, метеорологические условия (характер выпадения атмосферных осадков, относительная влажность воздуха, среднесуточная температура воздуха) и другие.

Согласно нашим исследованиям установлено, что динамика сбора сухих веществ в корнеплодах кормовой и полусахарной свеклы при разных режимах влажности совпадает с накоплением сырой массы корнеплодов по периодам роста и развития растений (табл. 2). Так, на варианте без полива в первый период синтезируется 31,9% сухого вещества на посевах кормовой свеклы и 30,0% на посевах полусахарной. На этом же варианте орошения соответственно формируется 60,1...60,8% урожая сухого вещества в период от смыкания в рядках до начала размыкания растений в междурядьях и 8,0...9,2% в заключительный третий период, что является минимальным значением относительно сбора сухого вещества с использованием орошения (16,6...19,8% у кормовой и 17,0...20,1% у полусахарной свеклы) (табл. 3).

Показано, что наиболее интенсивный прирост сухого вещества на всех вариантах опыта в расчёте на 1 га посевов отмечен во второй период вегетации, который при орошении составил 66,0...64,5% у кормовой и 65,9...64,4% — у полусахарной свеклы, что существенно выше по сравнению с вариантом без полива: соответственно 60,1 и 60,8% при НСР₀₅=3,9%.

На основании анализа представленных данных можно заключить, что при возделывании свеклы с орошением происходит относительное снижение формирования сбора сухого вещества по сравнению с вариантом без полива в первый период роста и развития растений (соответственно 17,4...15,7 у кормовой и 17,1...15,5% у полусахарной свеклы) и повышение накопления сухого вещества в заключительный третий период (16,6...19,8 и 17,0...20,1%), что во всех случаях достоверно отличалось от аналогичного показателя по сравнению с вариантом без полива.

В целом сбор сухого вещества за вегетацию на посевах без полива составил 46,70 ц/га у кормовой и 61,37 ц/га у полусахарной свеклы, что соответственно в 1,9...2,6 и 1,8...2,6 раза меньше, чем на вариантах с применением орошения.

Среди изученных режимов орошения оптимальным следует признать вариант с поддержанием относитель-

ной влажности корнеобитаемого слоя на уровне 70...75% ППВ, который обеспечил сбор сухого вещества на посевах кормовой свеклы 120,54 ц/га и 156,33 ц/га на посевах полусахарной, что всего лишь на 0,87 и 1,85 ц/га меньше, чем на варианте с влажностью 75...80% ППВ при НСР₀₅=6,58 ц. Из этого следует, что при более высоком уровне поддержания влажности почвы (75...80% ППВ) оросительная вода используется менее эффективно, поскольку необходимо провести ещё дополнительно три полива, что увеличивает удельные затраты воды на производство 1 ц сухого вещества и негативно влияет на его себестоимость.

Удельные затраты воды на 1 ц сухого вещества значительно различались по вариантам опыта и составили: при поддержании влажности почвы 65...70% ППВ

на посевах кормовой свеклы – 11,51 м³, а на посевах полусахарной свеклы – 8,97 м³; на варианте с уровнем влажности корнеобитаемого слоя 70...75% ППВ соответственно 16,59 и 12,79 м³; при уровне влажности 75...80% ППВ расходы воды на формирование 1 ц сухого вещества у кормовой свеклы составляют 37,06 м³, а у полусахарной свеклы – 28,45 м³.

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 влажности 70...75% ППВ, поскольку при дальнейшем повышении влажности поливная вода используется крайне неэффективно.

Таблица 2. Динамика сбора сухого вещества по периодам роста и развития у кормовой и полусахарной свеклы при разных режимах влажности почвы, ц/га
Table 2. Dynamics of dry matter collection by growth and development periods in fodder and semi-sugar beet under different soil moisture regimes, c/ha

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

Таблица 3. Формирование урожая сухого вещества по периодам роста и развития в зависимости от влажности корнеобитаемого слоя, %
Table 3. Formation of the dry matter yield by periods of growth and development depending on the moisture content of the root layer, %

Варианты опыта	Эккендорфская жёлтая			Полусахарная розовая		
	периоды роста и развития растений					
	I	II	III	I	II	III
I. 65...35% ППВ (без полива)	31,9	60,1	8,0	30,0	60,8	9,2
II. 65...70% ППВ (контроль)	17,4	66,0	16,6	17,1	65,9	17,0
III. 70...75% ППВ	16,2	64,9	18,9	16,0	65,0	19,0
IV. 75...80% ППВ	15,7	64,5	19,8	15,5	64,4	20,1
НСР ₀₅	1,2	3,9	1,0			

Выводы

1. Вегетационный период кормовой и полусахарной свеклы делится на три этапа: I – от всходов до формирования 7го листа; II – от смыкания в рядках до начала размыкания растений в междурядьях; III – от размыкания в междурядьях до хозяйственной спелости (начало усыхания ботвы).

2. Максимальное накопление сырой массы корнеплодов и сухого вещества при всех режимах влажности почвы у обоих сортоотборов свеклы отмечено во второй период роста и развития растений. В третий период на вариантах с орошением интенсивность формирования сухого вещества выше, чем без полива у кормовой

свеклы в 3,9...6,4 раза, а у полусахарной в 3,4...5,6 раза.

3. Среди изученных режимов орошения оптимальным является вариант, обеспечивающий в течение вегетационного периода влажность корнеобитаемого слоя почвы на уровне 70...75% ППВ. При таком увлажнении почвы урожайность корнеплодов у кормовой свеклы составляет 855 ц/га, у полусахарной – 679 ц/га; сбор сухого вещества соответственно равен 120,54 и 156,33 ц/га.

4. Для обеспечения данного режима влажности следует проводить пять поливов по схеме 1 – 3 – 1; поливная норма – 400 м³/га, оросительная – 2000 м³/га.

• Литература

1. Караев А.Б. Особенности роста, развития и формирования урожая кормовой свеклы при различных режимах влажности почвы в условиях Гиссарской долины Таджикистана. Душанбе, 2009. 121 с.
2. Бондарь В.И. Продукционный процесс кормовой свеклы на супесчаных почвах в зависимости от микроудобрений при неустойчивом увлажнении. *Известия ТСХА*. 2010;(4):44-51. <https://elibrary.ru/mtvoud>
3. Шибзухов З.С., Шугушхов А. Урожайность и качество корнеплодов кормовой свеклы при различных способах выращивания в условиях предгорной зоны КБР. *Нальчик*, 2017. С. 53-57.
4. Никитин А.Ф. Основная обработка почвы и морфологические показатели корнеплодов свеклы. *Сахарная свекла*. 2022;(1):25-28. <https://doi.org/10.25802/SB.2022.72.44.004> <https://elibrary.ru/pkwdjw>
5. Никитин А.Ф. Содержание сахара в свекле при разных способах основной обработки почвы. *Сахарная свекла*. 2017;(5):30-33. <https://elibrary.ru/ytxfrb>
6. Пулатов Я. Е. Водосбережение – основа эффективного водопользования. Мировой опыт и передовые технологии эффективного использования водных ресурсов. Тезисы докладов Международной конференции. Ашхабад, 2010. С. 228-231.
7. Сатункин И.В. Влияние элементов агротехники на продуктивность кормовой свеклы при орошении. *Земледелие*. 2010;(8):34-35. <https://elibrary.ru/nclrer>
8. Шевченко В.А., Соловьёв А.М. Биология растений с основами экологии. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 341 с. ISBN 5-87317-315-X. <https://elibrary.ru/qkpedb>
9. Кружилин И.П., Мушинский А.С. Урожайность свеклы в зависимости от режимов орошения и доз удобрений. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2002;(6):34-36.
10. Шувалов А.А., Кравченко Р.В. Зависимость водного режима почвы от основной ее обработки в технологии возделывания сахарной свеклы. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ*. 2020;(163):265-274. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-163-022> <https://elibrary.ru/xpuqzm>
11. Шевченко В.А., Соловьёв А.М., Бондарева Г.И., Попова Н.П. Продуктивность кормовой и полусахарной свеклы на поливных и богарных землях при изменяющихся климатических условиях. М.: ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2023. 240 с.
12. Бражник А.П. Эффективность удобрений при возделывании сахарной свеклы в условиях недостаточного увлажнения Краснодарского края. *Сахарная свекла*. 2007;(8):33-34. <https://elibrary.ru/ibcsuf>
13. Шерстюков Б.Г., Булыгина О.Н., Разуваев В.Н. Современное состояние климатических условий Калужской области и их возможные изменения в условиях глобального потепления. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2001. 229 с.
14. Костяков А.Н. Основы мелиораций. М.: Сельхозгиз, 1960. 622 с.
15. Анисимов В.А., Губер К.В., Зюликов Г.М. и др. Справочник мелиоратора. М.: Россельхозиздат, 1976. С. 147-150.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

• References

1. Karaev A.B. Features of growth, development and yield formation of fodder beet under different soil moisture regimes in the conditions of the Gissar Valley of Tajikistan. Dushanbe, 2009. 121 p. (In Russ.)
2. Bondar V.I. Production process of fodder beet on sandy loam soils depending on microfertilizers with unstable moisture. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2010;(4):44-51. (In Russ.) <https://elibrary.ru/mtvoud>
3. Shibzukhov Z.S., Shugushkhov A. Productivity and quality of fodder beet roots under various cultivation methods in the conditions of the foothill zone of the KBR. Nalchik, 2017. pp. 53-57. (In Russ.)
4. Nikitin A.F. Main tillage and morphological characteristics of sugar beet. *Sugar beet*. 2022;(1):25-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.25802/SB.2022.72.44.004> <https://elibrary.ru/pkwdjw>
5. Nikitin A.F. Content of sugar in beet at different ways of the main processing of the soil. *Sugar beet*. 2017;(5):30-33. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ytxfrb>
6. Pulatov Ya. E. Water conservation is the basis of effective water use. World experience and advanced technologies for efficient use of water resources. Abstracts of reports of the International Conference. Ashgabat, 2010. pp. 228-231. (In Russ.)
7. Satunkin I.V. Influence of agrotechniques elements on fodder beet productivity while irrigation. *Zemledelie*. 2010;(8):34-35. (In Russ.) <https://elibrary.ru/nclrer>
8. Shevchenko V.A., Solovyov A.M. Plant biology with basic ecology. M., 2006. 341 p. ISBN 5-87317-315-X. (In Russ.) <https://elibrary.ru/qkpedb>
9. Kruzhilin I.P., Mushinsky A.S. Beet yield depending on irrigation regimes and fertilizer doses. *Land reclamation and water management*. 2002;(6):34-36.
10. Shuvalov A.A., Kravchenko R.V. Dependence of the water regime of soil on its basic treatment in the sugar beet cultivation technology. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2020;(163):265-274. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1990-4665-163-022> <https://elibrary.ru/xpuqzm>
11. Shevchenko V.A., Solovyov A.M., Bondareva G.I., Popova N.P. Productivity of fodder and semi-sugar beets on irrigated and rainfed lands under changing climatic conditions. M., 2023. 240 p. (In Russ.)
12. Brazhnik A.P. The effectiveness of fertilizers for the cultivation of sugar beets in conditions of insufficient moisture in the Krasnodar region. *Sugar beet*. 2007;(8):33-34. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ibcsuf>
13. Sherstyukov B.G., Bulygina O.N., Razuvaev V.N. The current state of climatic conditions in the Kaluga region and their possible changes in the context of global warming. Obninsk: VNIIGMI-MTsD, 2001. 29 p. (In Russ.)
14. Kostyakov A.N. Fundamentals of land reclamation. M.: Selkhozgiz, 1960. 622 p.
15. Anisimov V.A., Guber K.V., Zyulikov G.M. etc. Handbook of land reclamation. M.: Rosselkhozizdat, 1976. P. 147-150. (In Russ.)
16. Dospheov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Kolos, 1979. 416 p. (In Russ.)

Об авторах:

Виктор Александрович Шевченко – доктор с.-х. наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», SPIN-код: 8028-2743; <https://orcid.org/0000-0002-5444-9693>

Алексей Малахович Соловьёв – доктор с.-х. наук, профессор, заведующий отделом управления плодородием почв мелиорируемых земель Нечерноземной зоны, SPIN-код: 6080-1245; <https://orcid.org/0000-0002-8387-0989>

Наталья Павловна Попова – кандидат с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела управления плодородием почв мелиорируемых земель Нечерноземной зоны, автор для переписки, lyn.popova@yandex.ru, SPIN-код: 1891-2369; <https://orcid.org/0000-0002-9301-027X>

Андрей Юрьевич Кульчев – аспирант, мл. н.с. отдела управления плодородием почв мелиорируемых земель Нечерноземной зоны, SPIN-код: 4931-2167; <https://orcid.org/0000-0002-1885-8959>

About the Authors:

Viktor A. Shevchenko – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Scientific Center VNIIGiM named after A.N. Kostyakov", SPIN code: 8028-2743; <https://orcid.org/0000-0002-5444-9693>

Alexey M. Solovyov – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Department of Soil Fertility Management of Reclaimed Lands of the Non-Chernozem Zone, SPIN code: 6080-1245; <https://orcid.org/0000-0002-8387-0989>

Natalya P. Popova – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Leading Researcher of the Department of Soil Fertility Management of Reclaimed Lands of the Non-Chernozem Zone, Correspondence Author, lyn.popova@yandex.ru, SPIN code: 1891-2369; <https://orcid.org/0000-0002-9301-027X>

Andrey Yu. Kulchev – graduate student, junior Researcher, Department of Soil Fertility Management of Reclaimed Lands of the Non-Chernozem Zone, SPIN code: 4931-2167; <https://orcid.org/0000-0002-1885-8959>