

Взаимосвязь сахаристости и доброкачественности сока с составом несахаров в корнеплодах сахарной свеклы, выращенных в условиях Ульяновской области

Ф. А. Мударисов^{1✉}, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, биология, химия и технология переработки продукции растениеводства»

Г. А. Карпова², доктор сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой «Общая биология и биохимия»

Ю. М. Исаев¹, доктор технических наук, профессор кафедры «Математика и физика»

¹ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1

✉fail_76@mail.ru

²ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет

440026, г. Пенза, улица Лермонтова, 37

Резюме. Исследования проводили с целью изучения влияния состава макро- и микроэлементов вносимых удобрений в технологии возделывания сахарной свеклы в агроклиматических условиях Ульяновской области на технологические качества корнеплодов. Опыты проведены в течение трех лет в Цильнинском районе Ульяновской области. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный среднесуглинистый, содержание гумуса от 4,3 до 4,9 %. Обработку осуществляли 3 % растворами макроэлементов и 0,1 % раствором борной кислоты в фазу смыкания растений в рядах. Приведены данные по сахаристости корнеплодов сахарной свеклы, доброкачественности сока, содержанию мелассообразователей (калия, натрия и α -аминного азота). Показана зависимость доброкачественности сока сахарной свеклы и содержания сахара от наличия и количества мелассообразующих веществ. Наиболее высокая сахаристость корнеплодов, полученная традиционным методом оптимизации, $y = 18,08 \%$, при суммарном содержании калия и натрия $(K+Na) - x_{12} = x_1 + x_2 = 5,5$ ммоль/100 г свеклы и α -аминного азота $(\alpha-NH_2-N) - x_3 = 4,4$ ммоль/100 г свеклы. Максимальное значение доброкачественности сока традиционным методом оптимизации, $z = 89,0$ у.е. при содержании калия и натрия $- x_{12} = x_1 + x_2 = 5,5$ ммоль/100 г свеклы и содержании α -аминного азота $- x_3 = 4,4$ ммоль/100 г свеклы. Снижение количества мелассообразователей, таких как калий, натрий и α -аминный азот в сырье может способствовать увеличению доли сахарного продукта при возделывании сахарной свеклы в условиях Ульяновской области.

Ключевые слова: сахаристость, доброкачественность сока, калий, натрий, α -аминный азот, уравнение регрессии, поверхность отклика.

Для цитирования: Мударисов Ф. А., Карпова Г. А., Исаев Ю. М. Взаимосвязь сахаристости и доброкачественности сока с составом не сахаров в корнеплодах сахарной свеклы, выращенных в условиях Ульяновской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4 (68). С. 17-24. doi:10.18286/1816-4501-2024-4-17-24

Correlation between sugar content and juice quality with composition of non-sugars in sugar beet roots cultivated in the conditions of Ulyanovsk region

F. A. Mudarisov^{1✉}, G. A. Karpova², Yu. M. Isaev¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ulyanovsk State Agricultural University

432017, Ulyanovsk, Novyi Venets Boulevard, 1; ✉fail_76@mail.ru

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Penza State University

440026, Penza, Lermontov St, 37

Abstract. The research was conducted to study the impact of the composition of macro- and microelements of fertilizers applied in the technology of sugar beet cultivation in the agroclimatic conditions of Ulyanovsk region on the technological qualities of root crops. The experiments were conducted over three years in Tsilninsky district of Ulyanovsk region. The soil of the experimental plot is leached medium-humus medium-loamy black soil, the humus content is from 4.3 to 4.9%. The treatment was carried out with 3% solutions of macroelements and 0.1% solution of boric acid in the phase of plant closure in rows. Data on sugar content of sugar beet roots, juice quality, and molasses-forming agent content (potassium, sodium, and α -amine nitrogen) are presented. The dependence of the quality of sugar beet juice and sugar

content on the presence and amount of molasses-forming substances is shown. The highest sugar content of root crops obtained by the traditional improvement method, $y = 18.08\%$, with a total content of potassium and sodium ($K + Na$) - $x_{12} = x_1 + x_2 = 5.5 \text{ mmol} / 100 \text{ g}$ of beet and α -amine nitrogen ($\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$) - $x_3 = 4.4 \text{ mmol} / 100 \text{ g}$ of beet. The maximum value of juice quality by the traditional improvement method, $z = 89.0$ conventional units with a potassium and sodium content of $x_{12} = x_1 + x_2 = 5.5 \text{ mmol} / 100 \text{ g}$ of beet and an α -amine nitrogen content of $x_3 = 4.4 \text{ mmol} / 100 \text{ g}$ of beet. Reducing the amount of molasses-forming agents, such as potassium, sodium and α -amine nitrogen in raw materials can help increase the share of sugar product when cultivating sugar beets in Ulyanovsk region.

Keywords: sugar content, juice quality, potassium, sodium, α -amine nitrogen, regression equation, response surface.

For citation: Mudarisov F. A., Karpova G. A., Isaev Yu. M. Correlation between sugar content and juice quality with composition of non-sugars in sugar beet roots cultivated in the conditions of Ulyanovsk region // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;4(68): 17-24 doi:10.18286/1816-4501-2024-4-17-24

Введение

Основной технической культурой как источника производства кристаллического сахара в Российской Федерации является сахарная свекла. В течение ряда лет она считается основным поставщиком сырья для сахарной промышленности, что определяет ее значение в отечественном растениеводстве.

На сегодняшний день Россия – лидер по возделыванию сахарной свеклы, где посевные площади составляют 1100000 га, превышая суммарные площади посевов под эту культуру в США, Франции и Германии [1].

При определении качественных показателей исходного сырья в приемной лаборатории АО «Ульяновский сахарный завод» в первую очередь определяют сахаристость и загрязненность корнеплодов. Эти показатели лежат в основе расчетов с хозяйствами по договору-подряду на давальческой основе за поставляемую свеклу, где загрязненность учитывается с целью определения зачетного веса принятой свеклы, исходная сахаристость – для выявления теоретического выхода сахара на перерабатывающем предприятии. Вышеназванные показатели учитывают при расчете с поставщиками готовым сахаром, который составляет 60 %, а 40 % сахара завод оставляет себе за услуги переработки корнеплодов [2].

Для производителей кристаллического сахара важными являются как технические требования к исходному сырью (оптимальная влажность, правильный размер, отсутствие волокнистости), так и биохимические показатели корнеплодов (содержание мелассообразователей, наличие устойчивых пектиновых веществ). Так как около 75 % всех потерь при производстве сахара на заводе приходится на потери в мелассе, то требования к химическому составу корнеплодов выходят на первый план, при этом содержание несахаров должно составлять 1,08...1,86, не более [3-5].

Важно отметить, что в товарных корнеплодах источником мелассы являются все не удаляемые несахара. При производстве кристаллического сахара, для прогнозирования его чистого выхода и исключения потерь необходимо проводить определение содержания K^+ , Na^+ , $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ как наиболее важных технологических характеристик свекловичного сырья [6, 7].

Концентрация ионов в клетках, а также реутилизация дисахаров в корнеплод в растениях свеклы происходит под контролем калия. Согласно данным литературы до 5 частей сахарозы удерживаются в мелассе 1 частью этого катиона, что делает его наиболее важным показателем при характеристике технологических качеств сахарной свеклы [8].

Качество диффузного сока во многом зависит и от катионов натрия, которые, в свою очередь, также являются лидерами в образовании мелассы. Обладая меньшей (до 10 раз) скоростью диффузии, чем сахароза, натрий способен связывать значительную ее часть, тем самым снижая товарные показатели диффузного сока [9, 10].

Суммарное содержание калия и натрия в свекле составляет до половины содержания всех минеральных веществ. Их роль в производстве сахара из данного сырья амбивалентна. Благодаря присутствию калия и натрия создается натуральная щелочность свекловичного сока, что обуславливает буферность раствора и обеспечивает нейтрализацию солей кальция. Чем больше срок хранения корнеплодов, тем ниже натуральная щелочность, а при загнивании продукта она принимает отрицательные значения.

Однако калий и натрий способствуют увеличению доли мелассы при производстве сахара. При дефеко-сатурационной очистке диффузионного сока только около 15% от общего содержания подвергаются удалению, а оставшиеся соли выступают в роли основных мелассообразователей, увеличивая долю побочного продукта и снижая количество основного продукта при производстве сахара [11]. До 80 % сахара, переходящего в мелассу, удерживается именно катионами натрия и калия [12].

Значимым показателем технологического качества корнеплодов свеклы при производстве кристаллического сахара – α -аминный азот, содержание которого не должно быть выше 0,15 % от общей массы корнеплода. В производственном цикле до 90% его содержания переходит в диффузионный сок, а затем в мелассу, так как $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ хорошо растворим в воде и не осаждаются известью. При этом он может считаться наиболее активным мелассообразователем, связывая до 25 частей сахара на одну часть α -аминного азота [11].

Основными источниками α -аминного азота в растениях свеклы являются минеральные

удобрения, содержащие в качестве основного элемента азот. С учетом того, что $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ в растениях относят к «вредному» азоту, сроки и количество внесения минерального азота должны регламентироваться в растениеводческих хозяйствах для получения корнеплодов надлежащего качества с целью дальнейшей переработки.

К сожалению, при приемке корнеплодов переработчики не уделяют должного внимания содержанию в них мелассообразователей, которые значительно снижают выход сахара даже при высокой сахаристости в сырье. Из-за этого агрономы на местах не ставят задачу изменения химического состава корней с целью снижения содержания мелассообразователей по отношению к сахару. Для многих хозяйств минимальная задача – это наличие сахаристости выше ограничительных кондиций к началу уборки (не менее 14,0 % по ГОСТ 33884 «Сахарная свекла. Технические условия»), чтобы свеклосахарный завод начал принимать корнеплоды до наступления дождливого периода осени.

С нашей точки зрения АО «Ульяновский сахарный завод» было бы целесообразнее проводить натуроплату за принятую сахарную свеклу не только по главному технологическому показателю – сахаристости, но и показателям содержания основных мелассообразователей в корнеплодах, так как снижение количества K , Na и $\alpha\text{-NH}_2\text{-N}$ в исходном сырье уменьшает процент потерь сахара при переработке на заводе и увеличивает его конечный выход, т.е. повышает эффективность переработки.

Для обеспечения рентабельности производства АО «Ульяновский сахарный завод» с учетом условий высокой конкуренции необходима постановка задач перед растениеводческими хозяйствами по повышению технологической адекватности поставляемого сырья. Целесообразно внесение дополнительных требований, не отраженных в ГОСТ 33884 «Свекла сахарная. Технические условия», которые бы учитывали содержание основных мелассообразователей. Определение значений таких нормативов должно опираться на научно обоснованные параметры с учетом условий зоны выращивания сахарной свеклы.

Это повысит заинтересованность свеклосеющих хозяйств региона в снижении количества мелассообразующих соединений в урожае, с целью снижения потерь сахарозы при переработке на заводе. Хозяйства перед использованием различных агроприемов для конечного результата ставили бы цель не только повышения урожайности или сахаристости свеклы, но и снижения количества основных мелассообразователей в корнеплодах. Это позволит увеличить доброкачественность диффузного сока, а снижение содержания несахаров в соке сократит переход сахарозы в мелассу.

Технологические качества корнеплодов свёклы в каждой сырьевой зоне имеют различия по районам, в том числе, условия выращивания в каждом

хозяйстве отличаются для различных районов [13, 14]. Использование разных гибридных семян, приемов обработки почвы, сроков посева, состава макро- и микроэлементов вносимых удобрений отличаются по хозяйствам ввиду разнообразия почвенно-климатических условий даже в пределах одного региона. В связи с изложенным анализ качественных показателей свекловичного сырья с использованием математических методов представляет научный и практический интерес как для производителей кристаллического сахара, так и растениеводческих хозяйств с учетом различных сырьевых зон.

Цель исследований состояла в изучении влияния состава макро- и микроэлементов вносимых удобрений в технологии возделывания сахарной свеклы в агроклиматических условиях Ульяновской области на технологические качества корнеплодов.

На основе полученных экспериментальных данных с использованием методов статистического анализа проведено определение взаимосвязи показателей сахаристости и доброкачественности свекловичного сока, как основных технологических показателей в производстве кристаллического сахара и количества мелассообразующих веществ.

Материалы и методы

Сахарную свеклу выращивали в Цильнинском районе Ульяновской области (СПК «Новотимерсанский») в 2018-2020 гг.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный среднесуглинистый. Содержание гумуса от 4,3 до 4,9 %. Реакция среды в пахотном слое почвы слабокислая – $\text{pH}_{\text{сол.}} = 5,8...6,5$; содержание подвижного фосфора 105 - 150 мг/кг, обменного калия – высокое – 137...200 мг/кг. Степень насыщенности основаниями составляет 96,4...97,9 %, сумма поглощенных оснований 25,5...27,8 мг-экв /100 г почвы. Содержание бора варьируется 0,1...0,18 мг/кг почвы в среднем 0,14 мг/кг. По содержанию бора почвы относятся к бедным.

Обработку вегетирующих растений проводили 3 % растворами макроэлементов и 0,1 % раствором борной кислоты в фазу смыкания растений в рядах с использованием опрыскивателей Agrifac Milan 5400 и Amazone LIX 4200 на тракторах МТЗ-1221 с (из расчета 180-200 л/га).

Классическим методом оценки технологических качеств корнеплодов свеклы является метод П.М. Силина [15], несмотря на определенные недостатки, связанные с высокой трудоемкостью и продолжительностью определения при наличии большого объема исследуемых образцов.

Сахарозу определяли на современном поляриметрическом проточном сахариметре АП-05, доброкачественность нормального сока изучали в лаборатории Ульяновского сахарного завода, содержание калия и натрия определяли на лабораторном иономере И-160МИ ионоселективными электродами

ЭЛПС-121К и ЭЛПС-212На. Для определения α -аминого азота использовали модифицированный Винингером и Кубадиновым метод Станека и Павласа, который основан на измерении оптической плотности с помощью спектрофотометра ПЭ-5300В.

Для интерпретации результатов эксперимента использовали статистические методы на основе регрессионного анализа с построением аппроксимирующих зависимостей и определением коэффициентов парной корреляции между искомыми параметрами.

В результате получены уравнения регрессии для кодированных и натуральных значений

факторов, наглядно представляющие определенные зависимости. Коэффициент детерминации и критерий Фишера использовали для определения адекватности уравнений.

Результаты

Результаты лабораторных исследований по определению технологических качеств свекловичного сырья (сахаристость, доброкачественность свекловичного сока, содержание K , Na и $\alpha-NH_2-N$) были использованы для статистического анализа (табл. 1).

Таблица 1. Показатели технологического качества свекловичного сырья (среднее за 3 года)

№ п/п	Вариант	Показатель				
		y Сахаристость, %	x_1 , K , ммоль на 100 г	x_2 , Na , ммоль на 100 г	x_3 , $\alpha-NH_2-N$, ммоль на 100 г	z Доброкачествен- ность сока, у.е.
1.	Контроль	16,6	5,07	2,12	5,0990	85,1
2.	Аммофоска	16,8	4,98	2,03	4,9894	85,6
3.	KCl	17,1	5,04	1,77	4,8990	85,3
4.	KH_2PO_4	17,5	4,97	1,46	4,8797	86,7
5.	$Ca(H_2PO_4)_2$	17,4	4,96	1,39	4,8531	87,0
6.	Бор (контроль)	17,1	4,93	1,28	4,9113	86,5
7.	Аммофоска + бор	17,4	4,96	1,87	4,9241	86,8
8.	KCl + бор	17,7	5,00	1,16	4,8045	87,5
9.	KH_2PO_4 + бор	18,4	4,94	1,09	4,5393	88,4
10.	$Ca(H_2PO_4)_2$ + бор	18,4	4,91	0,98	4,3603	88,5

* У.е. - условная единица, которая означает, сколько частей сахарозы содержится в 100 частях сахарного сока, остальные части приходятся на пектин, клетчатку, инвертный сахар и несахара.

Прогнозируемую сахаристость корнеплодов свеклы y (%) можно рассчитать согласно уравнению:

$$y = C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3,$$

где C_1 - C_3 постоянные, зависящие от региона возделывания сахарной свёклы; x_1 – содержание K , x_2 – содержание Na и x_3 – содержание $\alpha-NH_2-N$, ммоль/100 г свёклы.

Исходя из агроклиматических условий регионов возделывания сахарной свеклы, константы могут различаться и уравнения будут иметь варианты. Корректировка формул неизбежна, так как показатели сахаристости меняются в исходном сырье в зависимости от применяемых агротехнологий выращивания сахарной свеклы, а также генотипических свойств семенного материала.

Согласно литературным данным [16-18] на основе методов математической статистики [19] линейное уравнение для прогнозируемой сахаристости в зависимости $y = f(x_1, x_2, x_3)$ имеет вид:

$$y = 31,37 - 0,72x_1 - 0,29x_2 - 2,05x_3$$

С учетом необходимости наглядного представления искомой зависимости, заменяем переменные x_1 и x_2 единой переменной $x_{12} = x_1 + x_2$ (суммарное

содержание K и Na). Линейная регрессионная зависимость приобретает вид $y = f(x_{12}, x_3)$ и выражается уравнением:

$$y = 29,5 - 0,32x_{12} - 2,08x_3$$

Включая в данное уравнение натуральные переменные, получаем трехмерный график (рис. 1).

Квадратичное уравнения регрессии, отражающее квадратичный характер изменений показателя сахаристости в зависимости от показателей количества мелассообразователей ($x_{12} = x_1 + x_2$; x_3 – суммарное содержание K и Na и $\alpha-NH_2-N$) получено на основе результатов исследований технологических качеств корнеплодов свеклы:

$$y = -14,39 - 18,69x_{12} - 2,42x_{12}^2 + 41,14x_3 - 11,35x_3^2 + 10,25x_{12}x_3$$

На основании уравнения регрессии была построена поверхность отклика (рис. 2). На графике отображено, что максимальное содержание сахара, полученное традиционным методом оптимизации, $y = 18,07\%$ при содержании калия и натрия – $x_{12} = x_1 + x_2 = 5,5$ ммоль/100 г свеклы и содержание α -аминогрупп азота $\alpha-NH_2-N$ – $x_3 = 4,4$ ммоль/100 г свеклы.

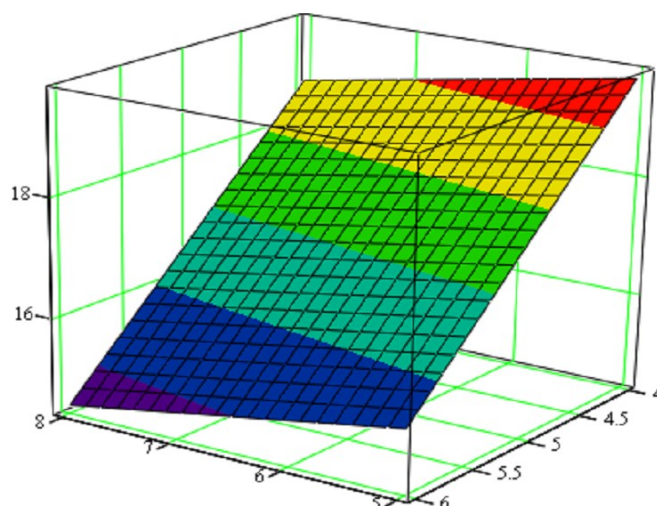


Рис. 1. Линейная зависимость содержания сахара (y) от содержания K и Na (x_{12}) и $\alpha-NH_2-N$ (x_3) в корнеплодах сахарной свёклы

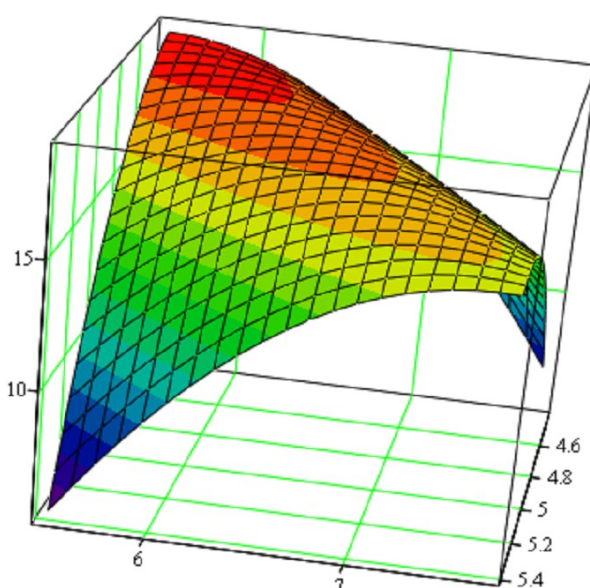


Рис. 2. Квадратичная зависимость содержания сахара (y) от содержания K и Na (x_{12}) и $\alpha-NH_2-N$ (x_3) в корнеплодах сахарной свёклы

Аналогичным образом с использованием методов корреляционного и регрессионного анализов нами получено уравнение, отражающее взаимосвязь показателей доброкачественности свекловичного сока и основных мелассообразователей $z = f(x_1, x_2, x_3)$:

$$z = 125,18 - 5,09x_1 - 1,09x_2 - 2,38x_3,$$

где C_1-C_3 постоянные, зависящие от региона возделывания сахарной свёклы; x_1 – содержание K , x_2 – содержание Na и x_3 – содержание $\alpha-NH_2-N$, ммоль/100 г свёклы.

Для построения трехмерного графика нами были также объединены переменные x_1 и x_2 , и уравнение линейной регрессионной зависимости $z = f(x_{12}, x_3)$ имело следующий вид:

$$z = 107,8 - 1,36x_{12} - 2,6x_3$$

График с учетом натуральных переменных представлен на рис. 3.

Затем были рассчитаны уравнения регрессии, которые показывают квадратичный характер изменения доброкачественности сока в зависимости от $x_{12} = x_1 + x_2$ содержания калия и натрия и x_3 – содержание α -аминного азота:

$$z = -38,36 - 10,27x_{12} - 2,28x_{12}^2 + 72,09x_3 - 13,3x_3^2 + 7,97x_{12}x_3$$

На основании уравнения регрессии была построена поверхность отклика (рис. 4). Максимальное значение доброкачественности сока традиционным методом оптимизации, $z = 89,0$ у.е. при содержании калия и натрия – $x_{12} = x_1 + x_2 = 5,5$ ммоль/100 г свёклы и содержании α -аминного азота – $x_3 = 4,4$ ммоль/100 г свёклы.

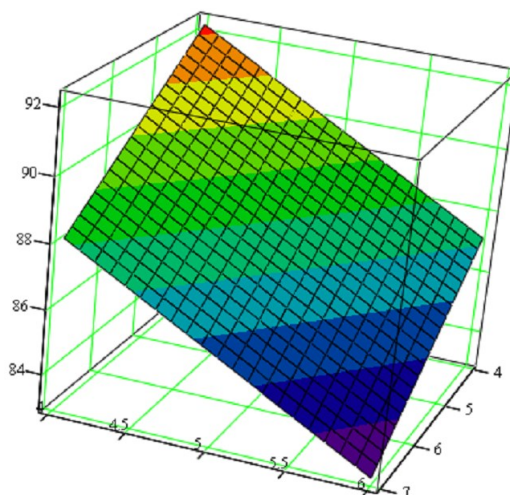


Рис. 3. Линейная зависимость доброкачественности сока (z) от содержания K и Na (x_{12}) и $\alpha-NH_2-N$ (x_3) в корнеплодах сахарной свёклы

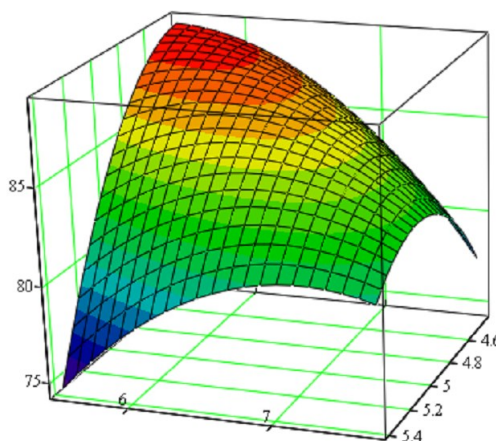


Рис. 4. Квадратичная зависимость доброкачественности сока (z) от содержания K и Na (x_{12}) и $\alpha-NH_2-N$ (x_3) в корнеплодах сахарной свёклы

Обсуждение

Технологическая оценка свекловичного сырья, поступающего на сахарозаводы, с использованием экспресс-методов, в основе которых лежит определение химического состава корнеплодов, становится все более распространенной [15, 20].

Так, по данным М.И. Егорова и др. [21] в Республике Татарстан определено, что для достижения высоких показателей эффективности производства сахара оптимальный уровень α -аминного азота должен быть ниже 2 ммоль/100 г свеклы, а суммарное содержание калия и натрия – не более 6 ммоль/100 г. При этом отмечено, что уровни содержания основных мелассообразователей должны устанавливаться в соответствии с агроклиматическими условиями региона возделывания сахарной свеклы, исходя из аналогичных зависимостей.

В работах профессора В.И. Костина с коллегами [22] при определении корреляционно-регрессионной зависимости содержания сахара в корнеплодах свеклы, кроме содержания вышеназванных щелочных металлов и α -аминного азота использован четвертый показатель – pH нормального сока. Но его

влияние было минимальным под прогнозируемую сахаристость корнеплодов, поэтому решено это значение не использовать в уравнении.

В наших исследованиях полиномиальные уравнения, количественно связывающие воздействие содержания калия, натрия и α -аминного азота, на содержание сахарозы в корнеплодах свеклы и доброкачественность нормального сока с учетом только значимых коэффициентов регрессии отвечают требованиям статистической адекватности, исходя из значений критерия Фишера и коэффициента детерминации.

Заключение

Использование натуральных значений содержания калия, натрия и α -аминного азота в регрессионных уравнениях позволит определить прогнозируемую сахаристость корнеплодов и доброкачественность сока, так же позволит найти оптимальное соотношение между патокообразователями с целью получения максимального содержания сахара и доброкачественности сока.

Взаимосвязь показателей сахаристости и доброкачественности сока с составом несахаров в

корнеплодах сахарной свеклы, выращенных в условиях Ульяновской области, представленные на основе математического анализа подтверждают, что они являются информативными для оценки технологических качеств свекловичного сырья.

Использование результатов исследований в практических целях позволит обратить внимание свеклосеющим хозяйствам на корректировку технологии возделывания сахарной свеклы в регионе, что остается важной задачей для Ульяновской области.

Литература

1. Три ключевых преимущества российских гибридов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nsss-russia.ru/2018/09/18/tri-klyuchevykh-preimushhestva-rossijski/> (дата обращения 08.05.2024)
2. Формирование свеклосахарного подкомплекса Республики Башкортостан / Р. Б. Нурлыгаянов, Д. Р. Исламгулов, Р. И. Еникиев и др. // Сахарная свекла 2022. № 10. С. 6-9. doi: 10.25802/SB.2022.35.10.001
3. Вострухин Н. П., Вострухина Н. П. Выход сахара – главный показатель результатов в свекловодстве // Сахарная свекла. 1990. № 2. С. 31-32
4. Koch, H.-J., Stracke A., Hoffmann A. Zwischenfrucht und Klimaschutz: Wie passt das zusammen? // Zuckerrübe. 2020. No. 69. P. 12-14.
5. Modified petri nets in modeling information flow of internet store in agricultural sphere / S. N. Savdur, Yu. V. Stepanova, V. L. Vorontsova, et al. // В сборнике: International Forum Kazan Digital Week-2022. Сборник материалов Международного форума. Под общей редакцией Р.Н. Минниханова. Казань, 2022. Р. 808-815.
6. Кравченко Р. В., Загорюлько А. В., Калинин О. С. Влияние основной обработки на агрофизические свойства почвы в технологии возделывания сахарной свеклы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 81. С. 97-102. doi: 10.21515/1999-1703-81-97-102
7. Хабилов И. К., Хазиев Ф. К. Система показателей азотного состояния почв Южного Урала // Агрохимия. 1992. №2. С. 14.
8. Еникиев Р. И., Исламгулов Д. Р. Технологические качества корнеплодов сахарной свеклы при различных сроках посева // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2 (167). С. 33-39. doi: 10.36718/1819-4036-2021-2-33-39.
9. Беляева Л. И. О необходимости разработки нормативно-инструктивного документа по применению технологических вспомогательных средств в производстве свекловичного сахара // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов: международная научно-практическая конференция. 2020. Курск, ФГБНУ Курский федеральный аграрный научный центр. С. 101-104.
10. Гамуев О. В., Вилков В. М., Минакова О. А. Эффективность применения пониженных норм посевных гербицидов в посевах современных отечественных гибридов сахарной свёклы // Сахар. 2023. № 6. С. 44-48. doi: 10.24412/2413-5518-2023-6-44-48
11. Решетова Р. С., Баранов О. М. Влияние несахаров сахарной свёклы на технологию и выход сахара // Сахар. 2023. № 8. С. 30-36. doi: 10.24412/2413-5518-2023-8-30-36
12. Исламгулов Д. Р., Исмагилов Р. Р., Бикметов И. Р. Дозы азотных удобрений и технологические качества корнеплодов // Сахарная свекла. 2013. № 3. С. 17-19.
13. Исмагилов К. Р. Анализ зависимости формирования урожайности сахарной свеклы от гидротермических ресурсов // Нива Поволжья. 2024. № 1(69). С. 1006. doi:10.36461/NP.2024.69.1.013
14. Агрономическая оценка выращивания гибридов сахарной свеклы различных производителей в почвенно-климатических условиях лесостепи Среднего Поволжья / Ю. В. Корягин, Н. В. Корягина, О. А. Ткачук и др. // Нива Поволжья. 2022. № 3(63). С. 1008. doi: 10.36461/NP.2022.63.3.016.
15. Методы оценки технологических качеств сахарной свеклы с использованием показателей содержания калия, натрия, и α -аминного азота, определенных в свекле и продуктах ее переработки / В. Н. Кухар, А. П. Чернявский, Л. И. Чернявская и др. // Сахар. 2019. № 1. С. 18-36.
16. Technologic qualities of sugar beet root crops in foliage application of melafen and trace elements / V. I. Kostin, V. A. Isaychev, V. A. Oshkin et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. No. 1. P. 1780-1787.
17. Ошкин В. А., Костин В. И., Смирнова Н. В. Влияние внекорневой подкормки на технологические качества корнеплодов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. №1 (33). С. 72-75.
18. Внекорневая подкормка сахарной свеклы и качество корнеплодов / В. И. Костин, В. А. Исайчев, В. А. Ошкин и др. // Сахарная свёкла. 2015. №2. – С. 28-31.
19. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для студентов вузов. 6-е изд. М.: Высшая школа, 1998. 79 с.
20. Сахарная свёкла (выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко и др. Под общей редакцией Д. Шпаара. М.: ИД ООО «DLV Агродело». 2012. 315 с.
21. Взаимосвязь выхода сахара с составом несахаров сахарной свеклы в условиях республики Татарстан / М. И. Егорова, Л. Н. Пузанова, Л. Ю. Смирнова и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 71-75. doi: 10.31857/S2500262721050148

22. Костин В. И., Исаев Ю. М., Ошкин В. А. Влияние мелассообразующих веществ на содержание сахара и доброкачественность сока // Сахарная свекла. 2017. № 7. С. 26-28.

References

1. Three key advantages of Russian hybrids [Electronic resource]. Access mode: <https://www.nsss-russia.ru/2018/09/18/tri-klyuchevyh-preimushhestva-rossijski/> (date of access: 08.05.2024)
2. Formation of the sugar beet subcomplex of the Republic of Bashkortostan / R.B. Nurlygayanov, D.R. Islamgulov, R.I. Yenikiev et al. // Sugar beet 2022. No. 10. P. 6-9. doi: 10.25802/SB.2022.35.10.001
3. Vostrukhin N. P., Vostrukhina N. P. Sugar yield is the main parameter of results in sugar beet cultivation // Sugar beet. 1990. No. 2. P. 31-32
4. Koch, H.-J., Stracke A., Hoffmann A. Zwischenfrucht und Klimaschutz: Where do the fruits go? // Zuckerrübe 69. 2020. No. P. 12-14.
5. Modified petri nets in modeling information flow of online stores in the agricultural sphere / S. N. Savdur, Yu. V. Stepanova, V. L. Vorontsova, et al. // In the collection: International Forum Kazan Digital Week-2022. Collection of materials of the International forum. General editor R.N. Minnikhanov. Kazan, 2022. P. 808-815.
6. Kravchenko R. V., Zagorulko A. V., Kalinin O. S. Influence of primary tillage on the agrophysical properties of soil in sugar beet cultivation technology // Proceedings of Kuban State Agrarian University. 2019. No. 81. P. 97-102. doi: 10.21515/1999-1703-81-97-102
7. Khabirov I. K., Khaziev F. K. System of parameters of nitrogen status of soils of the Southern Urals // Agrochemistry. 1992. No. 2. P. 14.
8. Enikiev R. I., Islamgulov D. R. Technological qualities of sugar beet root crops at different sowing dates // Vestnik of KrasSAU. 2021. No. 2 (167). P. 33-39. doi: 10.36718/1819-4036-2021-2-33-39
9. Belyaeva L. I. On the need to develop a regulatory and instructional document on the use of technological aids in production of beet sugar // In the collection: Problems and prospects of scientific and innovative support for the agro-industrial complex of the regions. Collection of reports of the International scientific and practical conference. 2020. P. 101-104.
10. Gamuev O. V., Vilkov V. M., Minakova O. A. Efficiency of using reduced rates of post-emergence herbicides in crops of modern domestic sugar beetroot hybrids // Sugar. 2023. No. 6. P. 44-48. doi: 10.24412/2413-5518-2023-6-44-48
11. Reshetova R. S., Baranov O. M. Influence of sugar beet non-sugars on technology and sugar yield // Sugar. 2023. No. 8. P. 30-36. doi: 10.24412/2413-5518-2023-8-30-36
12. Islamgulov D. R., Ismagilov R. R., Bikmetov I. R. Doses of nitrogen fertilizers and technological qualities of root crops // Sugar beetroot. 2013. No. 3. P. 17-19.
13. Ismagilov K. R. Analysis of the dependence of sugar beetroot yield formation on hydrothermal resources // Niva of the Volga region. 2024. No. 1 (69). P. 1006. doi:10.36461/NP.2024.69.1.013
14. Agronomic assessment of growing sugar beetroot hybrids of different producers in soil and climatic conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region / Yu. V. Koryagin, N. V. Koryagina, O. A. Tkachuk et al. // Niva of the Volga region. 2022. No. 3 (63). P. 1008. doi: 10.36461/NP.2022.63.3.016.
15. Methods for assessing the technological qualities of sugar beetroot using the content of potassium, sodium, and α -amine nitrogen determined in beetroot and their processed products / V. N. Kukhar, A. P. Chernyavsky, L. I. Chernyavskaya et al. // Sugar. 2019. No. 1. P. 18-36.
16. Technological qualities of sugar beet root crops in foliage application of melafen and trace elements / V. I. Kostin, V. A. Isaychev, V. A. Oshkin et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. No. 1. P. 1780-1787.
17. Oshkin V. A., Kostin V. I., Smirnova N. V. Effect of foliar feeding on technological qualities of root crops // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2016. No. 1 (33). P. 72-75.
18. Foliar feeding of sugar beetroot and the quality of root crops / V. I. Kostin, V. A. Isaychev, V. A. Oshkin et al. // Sugar beetroot. 2015. No. 2. P. 28-31.
19. Gmurman V. E. Probability theory and mathematical statistics: a textbook for university students. 6th ed. Moscow: Higher School, 1998. 79 p.
20. Sugar beetroot (growing, harvesting, storage) / D. Shpaar, D. Dreger, A. Zakharchenko et al. Edited by D. Shpaar. Moscow: Publishing house OOO "DLV Agrodello". 2012. 315 p.
21. The relationship between sugar yield and the composition of non-sugars in sugar beets in the Republic of Tatarstan / M. I. Egorova, L. N. Puzyanova, L. Yu. Smirnova et al. // Russian Agricultural Science. 2021. No. 5. P. 71-75. doi: 10.31857/S2500262721050148
22. Kostin V. I., Isaev Yu. M., Oshkin V. A. Effect of molasses-forming substances on sugar content and juice quality // Sugar beetroot. 2017. No. 7. P. 26-28.