

# АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

**Ф.А. Мударисов**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Ю.М. Исаев**, доктор технических наук

**Т.Д. Игнатова, А.Л. Игнатов**, кандидаты биологических наук

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

e-mail: fail\_76@mail.ru

***Аннотация.** Представлены линейные уравнения регрессии, полученные на основе корреляционного и регрессионного анализов, позволяющие определить аналитическую зависимость между урожайностью, качеством корнеплодов и климатическими условиями возделывания сахарной свеклы.*

***Ключевые слова:** сахарная свекла, урожайность, корнеплоды, осадки, сахаристость, загрязненность, линейное уравнение регрессии, зависимость.*

Урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции формируются под влиянием абиотических и биотических факторов жизни. Наиболее существенные абиотические факторы среды – климатические, почвенно-грунтовые. Важнейшие из климатических факторов – лучистая энергия Солнца, температура и влажность воздуха, осадки, которые складываются во время вегетации растений в агрофитоценозах, в немалой степени оказывают влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Действие различных факторов на урожайность и качественные характеристики сахарной свеклы распределяется следующим образом: 34–44 % приходится на погодные условия года, 17–19 % – место выращивания, 14–16 % – сорт и 35–38 % – на агротехнику [1].

При значительных отклонениях от оптимальных параметров погодных условий происходят заметные изменения физиологических функций растений, снижается возможность использования питательных веществ из почвы и удобрений, а также фотосинтез и с ним – способность формировать репродуктивные органы. При кратковременных засухах изменяется динамика почвенных процессов, в том числе трансформация азота почвы и удобрений. При уменьшении влажности почвы ослабляется использование фосфора растениями [2, 3].

Под влиянием климатических условий и при несоблюдении агротехники значительно изменяется со-

став корнеплодов сахарной свеклы.

Так, свекла, выращенная в засушливые годы, при внесении повышенного количества азотных удобрений содержит высокое количество органических несахаров, в первую очередь  $\alpha$ -аминного азота. Органические несахара значительно снижают чистоту диффузионного сока. При переработке такой свеклы отмечается более низкая частота диффузионного сока, сиропа, утфелей, оттеков и мелассы [4, 5, 6, 7].

Знание закономерностей воздействия погоды на рост и развитие растений в отдельные периоды позволяет через систему агротехнических и организационно-производственных мероприятий ослабить ее отрицательное влияние на формирование урожая и качества корнеплодов и получать более высокую и стабильную продуктивность сахарной свеклы.

Для достоверной оценки тех или иных агроприемов в земледелии проводят как краткосрочные, так и длительные исследования, а погодные условия, как правило, упоминаются в методике проведения экспериментов. При обсуждении результатов усредняется влияние погодных условий на формирование основных выводов исследования [8, 9].

Следовательно, проведение исследований, направленных на выявление влияния на урожайность и качество сахарной свеклы погодных условий каждого месяца вегетации в отдельности, а не в среднем за вегетационный период является актуальным.

Цель работы заключалась в получении эмпирической зависимости урожайности, сахаристости, загрязненности от температуры воздуха и изменения количества осадков по месяцам вегетации опытной культуры.

Объектом исследования послужили корнеплоды сахарной свеклы гибрида Койот (СЕСВандерхаве) урожая 2019–2021 гг., выращенные в СПК «Новотимерсянский» Цильнинского района

Таблица 1. Исходные данные к работе

Год	Y (урожайность), т/га	S – (сахаристость), %	G (загрязненность), %	x1 (температура в мае), °С	x2 (температура в июне), °С	x3 (температура в июле), °С	x4 (температура в августе), °С	x5 (температура в сентябре), °С
2019	47,2	16,75	10,2	16,6	19,3	18,7	16,2	10,4
2020	38,7	18,09	8,6	13	17,2	21,8	17	12,6
2021	27	17,24	8,0	18,1	21,8	21,5	22,1	10,1
	Y1 (урожайность), т/га	S1 (сахаристость), %	G1 (загрязненность), %	z1 осадки в мае, мм	z2 осадки в июне, мм	z3 осадки в июле, мм	z4 осадки в августе, мм	z5 осадки в сентябре, мм
2019	47,2	16,75	10,2	15	47	39	114	43
2020	38,7	18,09	8,6	44	63	38	109	10
2021	27	17,24	8,0	45	16	63	10	83

Ульяновской области по общепринятой для региона технологии.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный среднесуглинистый. Содержание гумуса от 4,3 до 4,9 %.

Качество корнеплодов проверяли в сырьевой лаборатории АО «Ульяновский сахарный завод». Содержание сахарозы определяли на современном поляриметрическом проточном сахариметре АП-05. Загрязненность корнеплодов подсчитывали весовым методом по разности массы пробы свеклы до и после очистки – отмывания корнеплодов водой и механического удаления примесей минерального и органического происхождения.

Для характеристики погодных условий за годы проведения полевых опытов использовали агроклиматические наблюдения Большенагаткинской метеостанции, расположенной в непосредственной близости от хозяйства.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методами корреляционного и регрессионного анализов на ПК с использованием MathCad, Excel 2017, Statistica 6.1.[10].

В общем виде линейное уравнение регрессии в кодовых переменных для определения значения урожайности (Y) в зависимости от среднемесячной температуры в мае (x<sub>1</sub>), июне (x<sub>2</sub>), июле (x<sub>3</sub>), августе (x<sub>4</sub>) и в сентябре (x<sub>5</sub>) выглядит следующим образом:

$$Y = D + Ax_1 + Bx_2 + Cx_3 + Ex_4 + Fx_5,$$

где D – константа; A, B, C, E, F – коэффициенты уравнения регрессии, показывающие качественный уровень влияния соответствующей переменной на значения урожайности; x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, x<sub>3</sub>, x<sub>4</sub>, x<sub>5</sub> – факторы в кодовых значениях.

Данные для проведения статистической обработки приведены в таблице 1.

Исходя из полученных данных, урожай-

ность, сахаристость и загрязненность корнеплодов сахарной свеклы под влиянием погодных условий отличаются по годам.

На основе данных таблицы 1 с применением методов корреляционного и регрессионного анализов выведено линейное уравнение регрессии для расчета урожайности Y (т/га), где линейная регрессионная зависимость исследований  $Y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$  представляется в виде формул с различными коэффициентами. Формулы имеют следующий вид:

Для урожайности Y (т/га), в зависимости от температуры по месяцам:

$$Y = 37,756 - 0,615x_1 - 2,212x_2 - 4,762x_3 - 4,46x_4 - 0,373x_5.$$

Для урожайности Y1 (т/га), в зависимости от осадков по месяцам:

$$Y_1 = 37,588 - 4,776x_1 + 0,888x_2 - 2,185x_3 + 2,521x_4 - 0,218x_5.$$

Более наглядно коэффициенты уравнения регрессии, показывающие качественный уровень влияния климатических условий на урожайность сахарной свеклы, приведены в таблице 2.

Анализируя представленные данные, можно сделать вывод, что в среднем за три года исследований главным фактором, влияющим на урожайность опытной культуры, являлось количество осадков в августе. Температурный режим уходит на второй план. Значения вышеназванных коэффициентов представляют собой количественную оценку влияния погодных условий во время вегетации на урожайность сахарной свеклы. График зависимости урожайности

Таблица 2. Коэффициенты уравнения регрессии по зависимости урожайности сахарной свеклы от погодных условий

Функция	Константа	Коэффициенты уравнения регрессии				
	D	A	B	C	E	F
Y	37,756	-0,615	-2,212	-4,762	-4,46	-0,373
Y1	37,588	-4,776	0,888	-2,185	2,521	-0,218

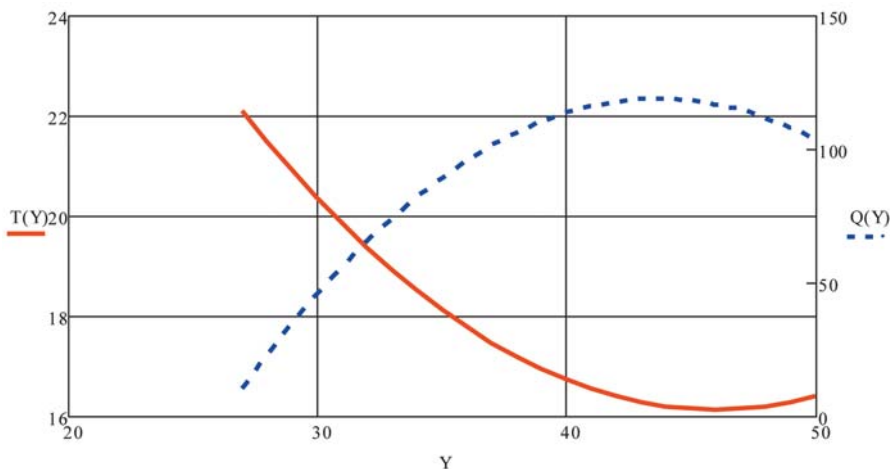


Рисунок 1. Зависимости урожайности  $Y$ , (т/га) от температуры  $T(Y)$ , °C и осадков  $Q(Y)$ , мм

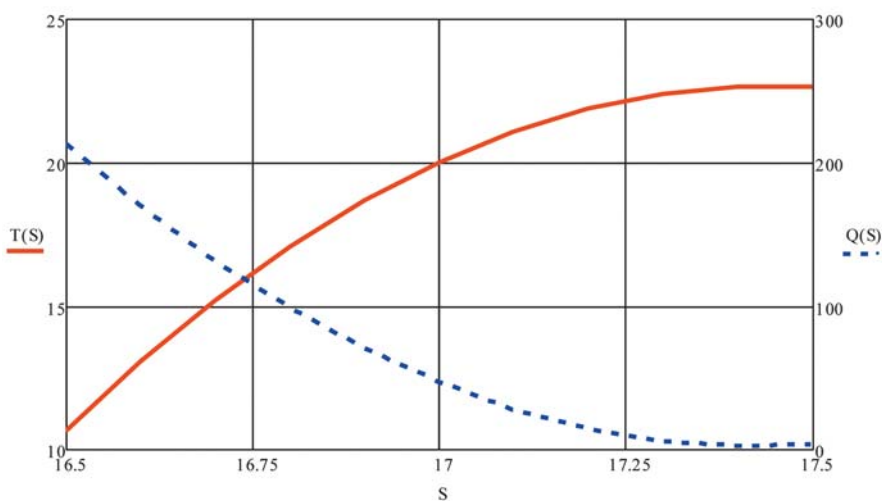


Рисунок 2. Зависимости сахаристости  $S$  (%), от температуры  $T(S)$ , °C и осадков  $Q(S)$ , мм.

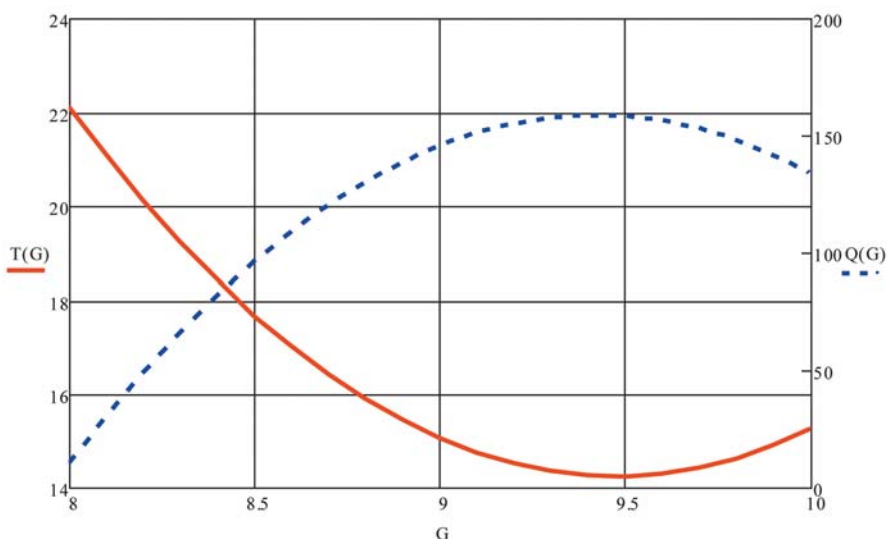


Рисунок 3. Зависимость загрязненности  $G$  (%), от температуры  $T(G)$ , °C и осадков  $Q(G)$ , мм.

$Y$  (т/га) от температуры воздуха и количества осадков в августе представлен на рисунке 1.

Урожайность корнеплодов сахарной свеклы увеличивается при условии повышения количества осадков в августе с одновременным снижением среднесуточной температуры до 16 °C.

Аналогично выведены линейные уравнения регрессии для расчета сахаристости  $S$  (%) и загрязненности  $G$  (%), корнеплодов при приемке на АО «Ульяновский сахарный завод», где линейная регрессионная зависимость исследований  $Y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$  представляется в виде формул с различными коэффициентами. Формулы имеют следующий вид:

Для сахаристости корнеплодов  $S$  (%) в зависимости от температуры по месяцам:

$$S = 17,378 - 0,177x_1 - 0,093x_2 + 0,302x_3 + 0,1x_4 + 0,212x_5$$

Для сахаристости корнеплодов  $S_1$  (%), в зависимости от осадков по месяцам:

$$S_1 = 17,187 + 0,492x_1 + 0,197x_2 - 0,005x_3 - 0,039x_4 - 0,276x_5$$

Для загрязненности корнеплодов  $G$  (%) в зависимости от температуры по месяцам:

$$G = 8,934 + 0,047x_1 - 0,153x_2 - 0,63x_3 - 0,484x_4 - 0,161x_5$$

Для загрязненности корнеплодов  $G_1$  (%), в зависимости от осадков по месяцам:

$$G_1 = 9,032 - 0,744x_1 - 0,033x_2 - 0,203x_3 + 0,262x_4 + 0,144x_5$$

Коэффициенты уравнений регрессии, показывающие качественный уровень влияния температуры и осадков в период вегетации культуры на качество корнеплодов, приведены в таблице 3.

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что в среднем за три года исследований главным фактором, влияющим на сахаристость корнеплодов, являлась температура воздуха в июле–сентябре.

График зависимости итоговой сахаристости  $S$  (%) опытной культуры от температуры окружающей среды и количества осадков в период ак-

тивного сахаронакопления в августе месяце представлен на рисунке 2.

Сахаристость корнеплодов увеличивается при обратной коореляции между температурой воздуха и количеством осадков в августе.

Данные, представленные на рисунках 1 и 2 показывают, что повышение температуры воздуха до 22–23°C и снижение количества осадков в период активного сахаронакопления приводит к увеличению содержания сахарозы в корнеплодах и снижению урожайности. Рост урожайности, наблюдаемый при увеличении количества осадков и снижения температуры воздуха приводит к снижению сахаристости свеклы. При этом можем предположить, что более высокий сбор сахара с 1 га наблюдается в первую очередь из-за высокой урожайности, а не сахаристости корнеплодов.

По данным таблицы 2 в среднем за годы исследований главными факторами, влияющими на загрязненность корнеплодов, являлись температура воздуха и количество осадков в августе. Также высокое влияние на наличие минеральной примеси в образцах свеклы оказали осадки и температура воздуха в сентябре.

График зависимости загрязненности корнеплодов G (%), от температуры воздуха и количества осадков в августе представлен на рисунке 3.

Загрязненность корнеплодов повышается при обратной коореляции между температурой и осадками, когда количество осадков повышается при одновременном снижении температуры воздуха.

Сравнивая рисунки 1 и 3 можно сделать вывод, что при увеличении количества осадков и снижении температуры воздуха до 16 °C на свекловичных полях увеличивается не только показатель урожайности корнеплодов, но и их загрязненности при приемке на заводе.

При проверке математических моделей определили, что табличное значение критерия Стьюдента меньше расчетного, коэффициент корреляции не менее 0,95. Проверка уравнений регрессии по критерию Фишера подтвердила их адекватность.

Таким образом, математическая обработка данных показала, что в первую очередь на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы влияют количество осадков и температура воздуха в августе. Урожайность и загрязненность продукции повышаются при одновременном увеличении количества осадков и снижении температуры в августе. Содержание сахарозы в корнеплодах имеет обратную зависимость.

#### Список литературы

1. Боронтов, О.К. Природные и антропогенные факторы, определяющие технологическое качество и урожайность сахарной свеклы в условиях ЦЧР / О.К. Боронтов, Л.Н. Путилина, П.А. Косякин // Сахар. - 2018. - № 5. - С. 16-19.

2. Дьяков, Д.А. Влияние питательного режима, погодных условий и агротехники на продуктивность са-

Таблица 3. Коэффициенты уравнения регрессии по зависимости качества сахарной свеклы от климатических условий

Функция	Константа	Коэффициенты уравнения регрессии				
	D	A	B	C	E	F
S	17,378	-0,177	-0,093	0,302	0,1	0,212
S1	17,187	0,492	0,197	-0,005	-0,039	-0,276
G	8,934	0,047	-0,153	-0,63	-0,484	-0,161
G1	9,032	-0,744	-0,033	-0,203	0,262	0,144

харной свеклы / Д.А. Дьяков [и др.] // Сахарная свекла. - 2015. - № 10. - С. 33-36.

3. Путилина, Л.Н. Продуктивность и технологическое качество сахарной свеклы в зависимости от применения полихелатных микроудобрений и фона удобренности / Л.Н. Путилина [и др.] // Сахарная свекла. - 2017. - № 5. - С. 14-20.

4. Сяпуков, Е.Е. О сахарозе корнеплодов и особенностях сахаронакопления / Е.Е. Сяпуков, В.И. Костин, В.А. Ошкин // Сахарная свекла. - 2015. - № 4. - С. 34-37.

5. Ошкин, В.А. Использование нереутилизирующихся микроэлементов в технологии сахарной свеклы / В.А. Ошкин, Ф.А. Мударисов // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. - 2013. - Т. I-63. - С. 66.

6. Костин, В.И. Резервы повышения эффективности производства сахара на ОАО «Ульяновский сахарный завод» / В.И. Костин, Ф.А. Мударисов, А.Л. Игнатов, С.Н. Сергаченко // Сахарная свекла. - 2017. - № 10. - С. 30-35.

7. Костин, В.И. Сравнительная оценка технологии переработки замороженных и свежубранных корнеплодов / В.И. Костин, Ф.А. Мударисов, Т.Д. Игнатова, Н.В. Смирнова // Сахарная свекла. - 2017. - № 6. - С. 18-21.

8. Боронтов, О.К. Влияние метеорологических условий, систем удобрения и обработки почвы на вынос питательных веществ и урожайность сахарной свеклы в ЦЧР / О.К. Боронтов, П.А. Косякин, Е.Н. Манаенкова // Агрохимия. - 2019. - № 9. - С. 74-83.

9. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для студентов вузов / В.Е. Гмурман. - 6-е изд. - М.: Высшая школа, 1998. - 479 с.

#### Analytical dependence of yield and quality of sugar beet root crops on weather conditions

F.A. Mudarisov, Yu.M. Isaev, T.D. Ignatova, A.L. Ignatov

**Summary.** Presents linear regression equations obtained on the basis of correlation and regression analyses, which allow us to determine the analytical relationship between yield, quality of root crops and climatic conditions of sugar beet cultivation.

**Key words:** sugar beet, yield, root crops, precipitation, sugar content, contamination, linear regression equation, dependence.