

8. Korzhavin V. E., Kabanov S. V. The relationship of the spatial distribution of forest vegetation in the south of the Volga upland with the exposure of slopes and the granulometric composition of soils. *Successes of modern natural science*. 2022. No 3. Pp. 7-15.
9. Mammadova U. F. Investigation of the risk of wind erosion by remote sensing on chestnut soils. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*. 2022. V. 14. No 2. Pp. 65-71.
10. Mongush L. T. Structural and aggregate composition of the soil under perennial grasses in dark chestnut soil in the conditions of the Republic of Tyva. *Bulletin of KrasGAU*. 2021. № 12 (177). Pp. 93-96.
11. Tagilverdiev S. S., Bezuglova O. S., Gorbov S. N., et al. Features of the aggregate composition in connection with the ratio of carbon of organic matter and carbonates in the soils of the Rostov agglomeration. *Soil science*. 2021. T. 55. № 9. Pp. 1143-1149.
12. Salikhov T. K., Elyubaev S. Z., Bizhon I. V. Soil aggregates, ways of their formation and the influence of anthropogenic factors on the structure of soil cover. *Biosphere economy: theory and practice*. 2023. № 1 (54). Pp. 49-54.
13. Theory and methods of soil physics: collective monograph. M.: "Vulture and K", 2007. 97 p.
14. Turin E. N., Zhenchenko K. G. Improvement of soil cultivation in Crimea. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2018. № 4 (40). Pp. 52-60.
15. Kholodov V. A., Yaroslavlseva N. V., Farkhodov Yu. R., et al. Changes in the ratio of aggregate fractions in humus horizons of chernozems in various land use conditions. *Soil science*. 2019. No 2. Pp. 184-193.
16. Shein E. V., Verkhovtseva N. V., Bykova G. S., Pashkevich E. B. Aggregation in kaolinite suspension during microbiological modification of the clay surface. *Soil Science*. 2020. No 3. Pp. 351-357.
17. Yakovleva E. V., Stepanova L. P., Pisareva A. V. Genetic, chemical and agroecological characteristics of arable dark gray forest soils. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*. 2016. № 2 (30). Pp. 63-68.

Информация об авторах

Федотова Анна Владиславовна, доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, проспект. Университетский, д. 97).

Петров Юрий Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, проспект. Университетский, д. 97).

Зотов Евгений Сергеевич, лаборант-исследователь лаборатории прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, проспект. Университетский, д. 97).

Author's Information

Fedotova Anna Vladislavovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director for Research, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences), (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Avenue, 97).

Petrov Yuri Nikolaevich, Senior Researcher at the Laboratory for Forecasting the Bioproductivity of Agroforestry Landscapes, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences), (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Avenue, 97).

Zotov Evgeny Sergeevich, Laboratory assistant Researcher at the Laboratory for Forecasting the bioproductivity of Agroforestry landscapes, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences), (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Avenue, 97).

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-06

CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ALFALFA YIELD AND THE LEVEL OF MINERAL NUTRITION UNDER IRRIGATION CONDITIONS

¹Aitpayeva A. A., ²Tyutyuma N. V., ²Bulahtina G. K.

¹Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

²Solenoe Zaimitche, Astrakhan Region, Russian Federation
Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering
Astrakhan, Russian Federation

Corresponding author E-mail: arman.bisaliyev2012@yandex.ru

Received 27.04.2024

Submitted 30.05.2024

Abstract

Introduction. The relevance of the research is determined by the need to expand the areas of irrigated field forage production in the arid zone in combination with an increase in the yield of forage crops. The main reserve for increasing yield is directly related to the level of mineral nutrition of plants. Correlation and regression analysis allows us to assess the dependence of yield on the amount of fertilizer applied. The article presents this analysis

using the example of the dependence of the yield of alfalfa cultivated under irrigation on the dose of mineral fertilizers. The results obtained show the existing relationship between the characteristics. **Object.** The object of the study is alfalfa cultivated under irrigation conditions and its responsiveness to mineral fertilizers. **Materials and methods.** The study used methods of systemic and complex analysis, as well as methods of correlation and regression analysis. **Results and conclusions.** The research results showed that with an increase in the dose of mineral fertilizers, an increase in the yield of alfalfa cultivated under irrigation conditions is observed, but only up to a certain point, after which a decline in yield is recorded. This trend is observed in all studied irrigation regimes. The correlation coefficient calculated using the Pearson method indicates a strong (0,87 – irrigation regime for alfalfa 65-70% NV and 0,81 – 70-75% NV) and very strong correlation dependence (0,92 – irrigation regime 75-80% NV) between the level of mineral nutrition and the yield of the crop under study.

Keywords: irrigated crop rotations, mineral nutrition of alfalfa, field fodder production.

Citation. Aitpaeva A. A., Tyutyuma N. V., Bulahtina G. K. Correlation-regression analysis of the relationship between alfalfa yield and the level of mineral nutrition under irrigation conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 3(75). 52-62 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-03-06.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the design, execution, and analysis of this study. All authors of this article have reviewed and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments We express our gratitude to Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences Ivan Panteleevich Kruzhillin for valuable comments during the research and preparation of the article.

УДК 636.086.416(083)

КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ СВЯЗИ УРОЖАЙНОСТИ ЛЮЦЕРНЫ С УРОВНЕМ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

¹Айтпаева А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Тютюма Н. В., доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

²Булахтина Г. К., кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»
с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация

²ГБОУ АО ВО Астраханский государственный архитектурно-строительный университет
Астраханская область, Российская Федерация

Актуальность исследований определяется необходимостью расширения площадей орошаемого полевого кормопроизводства в аридной зоне в сочетании с ростом урожайности кормовых культур. Основной резерв увеличения урожая напрямую связан с уровнем минерального питания растений. Оценить зависимость урожайности от количества внесенных удобрений позволяет корреляционно-регрессионный анализ. В статье представлен данный анализ на примере зависимости урожайности люцерны, возделываемой на орошении, от дозы внесения минеральных удобрений. Полученные результаты показывают существующую связь между признаками. **Объект.** Объектом исследования является люцерна, возделываемая в условиях орошения, и ее отзывчивость на минеральные удобрения. **Материалы и методы.** В исследовании использовались методы системного и комплексного анализа, а также методы корреляционно-регрессионного анализа. **Результаты исследований** показали, что при увеличении дозы внесения минеральных удобрений наблюдается рост урожайности люцерны, возделываемой в условиях орошения, но только до определенного момента, после которого фиксируется ее спад. Данная тенденция наблюдается на всех изучаемых режимах орошения. Коэффициент корреляции, вычисляемый по методу Пирсона, свидетельствует о сильной (0,87 – режим орошения люцерны 65-70% НВ и 0,81 – режим орошения 70-75% НВ) и очень сильной корреляционной зависимости (0,92 – режим орошения 75-80% НВ) между уровнем минерального питания и урожаем изучаемой культуры.

Ключевые слова: орошаемые севообороты, минеральное питание люцерны, полевое кормопроизводство.

Цитирование. Айтпаева А. А., Тютюма Н. В., Булахтина Г. К. Корреляционно-регрессионный анализ связи урожайности люцерны с уровнем минерального питания в условиях орошения. *Известия НВ АУК.* 2024. 3(75). 52-62 DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-06.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Выражаем благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору, академику РАН Кружилину Ивану Пантелеевичу за ценные замечания в рамках проведения исследований и подготовки статьи.

Введение. Проведение мелиоративных мероприятий, в первую очередь орошения, эффективный прием, обеспечивающий получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в аридной зоне [1-4].

Условия Юга России отличаются недостаточным количеством осадков в период весенне-летней вегетации сельскохозяйственных культур. В некоторых регионах ЮФО, например, в Астраханской области засушливость климата сочетается с низким уровнем плодородия почв [5]. В области преобладают бурые, светло-каштановые почвы и пески. Отсутствие черноземных почв на фоне летней засухи негативно отражается на почвенном плодородии и урожайности большинства сельскохозяйственных культур [6, 7].

В связи с этим в аридных условиях Астраханской области основным лимитирующим продуктивностью растений фактором является влага, а затем содержание питательных веществ в почве. Оптимальное сочетание этих двух факторов гарантирует получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в любой по погодным условиям год.

Многочисленными исследованиями и производственной практикой установлено положительное влияние орошения и минеральных удобрений на продуктивность люцерны и других культур севооборота [8-12]. С учетом этих рекомендаций мы разработали режимы орошения и схемы минерального питания люцерны в рамках реализации орошаемого кормового севооборота в Харабалинском районе Астраханской области.

Материалы и методы исследований. Проведение полевых опытов, анализ визуальных наблюдений и обработка в период вегетации проходили с соблюдением требований методики опытного дела. Закладка опытов и сопутствующие наблюдения были выполнены по общеизвестной методике Б. А. Доспехова [13]. Исследование отличает системный подход, направленный на комплексное изучение поставленных задач.

Изучение влияния орошения и минеральных удобрений на урожайность люцерны выполнялось в условиях Харабалинского района Астраханской области. Опыты закладывались с 2018 по 2020 гг. Повторность опыта трехкратная, варианты в опыте размещены методом рендомизированных повторений, учетная площадь одной делянки 50 м². В качестве удобрений применяли двойной суперфосфат, нитроаммофоску и хлористый калий (таблица 1). Учет урожая проводили путем скашивания и взвешивания фитомассы со всей площади учетной делянки.

В двухфакторных опытах в период 2018-2020 гг. изучали различные режимы орошения и дозы минеральных удобрений на посевах сорта люцерны Талисман, который по результатам предыдущих испытаний зарекомендовал себя как более урожайный по сравнению со стандартом Ленинская местная. Расчет удобрений производили с учетом выноса питательных веществ запланированным урожаем изучаемой культуры. Статистическую обработку проводили методом дисперсионного анализа [11]. За период вегетации выполнялось четыре укоса люцерны. Под первый и последний укосы давали по 2 полива, под все остальные по 3 полива. Дождение осуществлялось при помощи дождевальной машины Фрегат. Основное удобрение (таблица 1) вносилось раз в три года при посеве люцерны, подкормки ежегодно под каждый укос.

Результаты исследований. Основная культура кормового севооборота – люцерна – максимальный уровень урожайности формировала во второй и третий годы использования, что объясняется высокой скоростью отрастания после укосов, формированием значительной вегетативной массы.

При всех изучаемых режимах орошения применение удобрений вело к увеличению урожайности и повышению коэффициента эффективности орошения.

Исследованиями Г. А. Медведева установлено, что люцерну на прежнее место в засушливых условиях Юга России следует возвращать не ранее чем через 3 года [14]. Иначе наблюдается изреживание посевов изучаемой культуры. Однако Астраханская область является исключением из правил и люцерну здесь можно возвращать на прежнее место уже через 2 года. Это обусловлено тем, что в аридной зоне в последние годы наблюдаются постоянно усиливающиеся процессы опустынивания. Возникновение все новых массивов песков вследствие необоснованного роста поголовья овец и возросшей нагрузки на пастбища выдвигает новые требования к землепользованию, в том числе полевому кормопроизводству. Насыщение севооборотов многолетними бобовыми травами, в частности люцерной, будет способствовать предотвращению опустынивания земель, закреплению песков, улучшению почвообразовательных процессов.

Таблица 1 – Урожайность люцерны в зависимости от режима орошения и уровня минерального питания
Table 1 – Alfalfa yield depending on irrigation regime and level of mineral nutritio

№, п/п	Фактор А (орошение) / Factor A (irrigation)	Фактор Б (удобрения) / Factor B (fertilizers)		Урожайность, т/га / Yield, t/ha
		Основное удобрение / Basic fertilizer	Подкормки / Feeding	
1	65-70% НВ	Без удобрения / No Fertilizer		10
		P60K30	N10P40K30	13
		P80K50	N20P50K40	17
		P100K70	N30P60K50	15
2	70-75% НВ	Без удобрения / No Fertilizer		14
		P60K30	N10P40K30	16
		P80K50	N20P50K40	22
		P100K70	N30P60K50	19
3	75-80%НВ	Без удобрения / No Fertilizer		18
		P60K30	N10P40K30	23
		P80K50	N20P50K40	28
		P100K70	N30P60K50	26

Исследования показали, что общий расход воды с единицы площади увеличивался по мере повышения уровня предполивной влажности почвы (таблица 2).

Таблица 2 – Режим орошения люцерны
Table 2 – Irrigation regime for alfalfa

№, п/п	Фактор А (орошение) / Factor A (irrigation)	Фактор Б (удобрения) / Factor B (fertilizers)		Поливная норма, м³/га / Irrigation rate, m³/ha	Оросительная норма, м³/га / Irrigation rate, m³/ha
		Основное удобрение / Basic fertilizer	Подкормки / Feeding		
1	65-70% НВ	Без удобрения / No Fertilizer		500	6000
		P60K30	N10P40K30	500	6000
		P80K50	N20P50K40	500	6000
		P100K70	N30P60K50	500	6000
2	70-75% НВ	Без удобрения / No Fertilizer		550	6700
		P60K30	N10P40K30	550	6700
		P80K50	N20P50K40	550	6700
		P100K70	N30P60K50	550	6700
3	75-80%НВ	Без удобрения / No Fertilizer		600	7500
		P60K30	N10P40K30	600	7500
		P80K50	N20P50K40	600	7500
		P100K70	N30P60K50	600	7500

В то же время следует отметить, что возделывание люцерны в Астраханской области происходит преимущественно на орошении, вследствие чего корневые остатки довольно быстро разрушаются в почве, что дает возможность возвращать изучаемую культуру на прежнее место уже через 2 года и не допускать изреживания посевов.

Корреляционная зависимость между урожайностью люцерны, возделываемой на орошении, и дозой внесения минеральных удобрений может быть выражена при помощи уравнения линейной регрессии. Для его построения воспользуемся данными, представленными в таблице 3.

Режим орошения 65-70% НВ.

Таблица 3 – Исходные данные для построения уравнения линейной регрессии
Table 3 – Initial data for constructing a linear regression equation

X1 (доза минеральных удобрений, т/га в физическом весе / (dose of mineral fertilizers, t/ha in physical weight)	Y1 (урожайность люцерны, т/га) / (alfalfa yield, t/ha)	X1Y1	X1²	Y1²
0	10	0	0	100
0,79	13	10,27	0,62	169
1,0945	17	18,6	1,20	289
1,399	15	20,9	1,96	225
Σ3,28	Σ55	Σ 49,8	Σ 3,78	Σ783

Коэффициенты функции $y = ax + b$ находим из решения системы уравнений:

$$\begin{cases} a\sum x_1^2 + b\sum x_1 = \sum x_1 y_1 \\ a\sum x_1 + bn = \sum y_1 \end{cases} = \begin{cases} 3,78a + 3,28b = 49,8 \\ 3,28a + 4b = 55 \end{cases}$$

$\Delta = \begin{pmatrix} 3,78 & 3,28 \\ 3,28 & 4 \end{pmatrix} = 3,78 \times 4 - 3,28 \times 3,28 = 15,12 - 10,76 = 4,36 \neq 0$, значит система имеет единственное решение

$$\Delta a = \begin{pmatrix} 49,8 & 3,28 \\ 55 & 4 \end{pmatrix} = 49,8 \times 4 - 55 \times 3,28 = 199,2 - 180,4 = 18,8$$

$$a = \Delta a / \Delta = 18,8 / 4,36 = 4,3$$

$$\Delta b = \begin{pmatrix} 3,78 & 49,8 \\ 3,28 & 55 \end{pmatrix} = 3,78 \times 55 - 3,28 \times 49,8 = 207,9 - 163,3 = 44,6$$

$$b = \Delta b / \Delta = 44,6 / 4,36 = 10,2$$

Таким образом, уравнение регрессии имеет вид $y = 4,3x + 10,2$.

По результатам анализа выполняем построение диаграммы рассеяния (рисунок 1), представляющей собой графическую интерпретацию, изображающую значение двух переменных в декартовой плоскости.



Рисунок 1 – Урожайность люцерны в зависимости от минерального питания (вариант орошения 65-70% НВ)

Figure 1 – Alfalfa yield depending on mineral nutrition (irrigation option 65-70% NV)

Анализ рисунка 1 показал, что урожайность люцерны при увеличении дозы вносимых минеральных удобрений возрастает только до определенного момента, после которого не наблюдается прибавки урожайности. В наших исследованиях рост урожая зафиксирован на вариантах опыта 2 и 3 (дозы внесения минеральных удобрений в физическом весе соответственно 0,79 и 1,0945 т/га, урожайность люцерны 13 и 17 т/га соответственно). При дальнейшем возрастании количества применяемых удобрений до 1,399 т/га наблюдалось снижение урожая изучаемой культуры на 2 т/га. Данные исследований свидетельствуют о том, что повышение уровня минерального питания не обеспечивает бесконечный рост урожая сельскохозяйственных растений. Максимальная отзывчивость на удобрения может быть обусловлена генетическими особенностями сортов и их фенотипическими проявлениями в конкретных условиях среды обитания.

Для выявления корреляционной зависимости между уровнем минерального питания и урожайностью люцерны, возделываемой на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 65-70% НВ определяем коэффициент корреляции по Пирсону:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\bar{X} = 3,28 / 4 = 0,82$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

$$\bar{Y} = 55/4 = 13,8$$

$$SS_{xx} = \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n X_i)^2$$

$$SS_{xx} = 3,78 - (3,28 \times 3,28/4) = 1,09$$

$$SS_{yy} = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n Y_i)^2$$

$$SS_{yy} = 783 - (55 \times 55/4) = 27$$

$$SS_{xy} = \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n X_i) \times (\sum_{i=1}^n Y_i)$$

$$SS_{xy} = 49,8 - (3,28 \times 55/4) = 4,7$$

Коэффициент корреляции Пирсона

$$r = \frac{SS_{xy}}{\sqrt{SS_{xx}SS_{yy}}}$$

$$r = 4,7 / \sqrt{1,09 \times 27} = 0,87$$

Значение коэффициента корреляции в интервале 0,7-0,9 указывает на сильную положительную линейную связь между уровнем минерального питания и урожайностью люцерны, возделываемой на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 65-70% НВ.

Режим орошения 70-75% НВ

Таблица 4 – Исходные данные для построения уравнения линейной регрессии

Table 4 – Input data for constructing a linear regression equation

X1 доза минеральных удобрений, т/га в физическом весе / dose of mineral fertilizers, t/ha in physical weight	Y1 (урожайность люцерны, т/га) / (alfalfa yield, t/ha)	X1Y1	X1 ²	Y1 ²
0	14	0	0	196
0,79	16	12,64	0,62	256
1,0945	22	24,1	1,20	484
1,399	19	26,6	1,96	361
$\Sigma 3,28$	$\Sigma 71$	$\Sigma 63,3$	$\Sigma 3,78$	$\Sigma 1297$

Коэффициенты функции $y = ax + b$ находим из решения системы уравнений:

$$\begin{cases} 3,78a + 3,28b = 63,3 \\ 3,28a + 4b = 71 \end{cases}$$

$\Delta = \begin{pmatrix} 3,783,28 \\ 3,284 \end{pmatrix} = 3,78 \times 4 - 3,28 \times 3,28 = 15,12 - 10,76 = 4,36 \neq 0$, значит система имеет единственное решение

$$\Delta a = \begin{pmatrix} 63,33,28 \\ 714 \end{pmatrix} = 63,3 \times 4 - 71 \times 3,28 = 253,2 - 232,9 = 20,3$$

$$a = \Delta a / \Delta = 20,3 / 4,36 = 4,7$$

$$\Delta b = \begin{pmatrix} 3,7863,3 \\ 3,2871 \end{pmatrix} = 3,78 \times 71 - 3,28 \times 63,3 = 268,4 - 207,6 = 60,8$$

$$b = \Delta b / \Delta = 60,8 / 4,36 = 13,9$$

Таким образом, уравнение регрессии имеет вид $y = 4,7x + 13,9$.

Следующим этапом выступает построение диаграммы рассеяния (рисунок 2).

Анализ рисунка 2 показал, что урожайность люцерны при увеличении дозы внесимых минеральных удобрений возрастает до значения в 22 т/га, после которого фиксируется ее спад. В наших исследованиях рост урожая зафиксирован на вариантах опыта 2 и 3 (дозы внесения минеральных удобрений в физическом весе соответственно 0,79 и 1,0945 т/га, урожайность люцерны 16 и 22 т/га соответственно). При дальнейшем возрастании количества применяемых удобрений до 1,399 т/га наблюдалось снижение урожая изучаемой культуры на 3 т/га. По результатам исследований можно сделать вывод о том, что повышение уровня минерального питания обеспечивает рост урожая люцерны только до определенного момента, после наступления которого фиксируется снижение урожайности.



Рисунок 2 – Урожайность люцерны в зависимости от минерального питания (вариант орошения 70-75% НВ)

Figure 2 – Alfalfa yield depending on mineral nutrition (irrigation option 70-75% NV)

Для выявления корреляционной зависимости между уровнем минерального питания и урожайностью люцерны, возделываемой на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 70-75% НВ определяем коэффициент корреляции по Пирсону:

$$\bar{X} = 3,28/4 = 0,82$$

$$\bar{Y} = 71/4 = 17,75$$

$$SS_{xx} = 3,78 - (3,28 \times 3,28/4) = 1,09$$

$$SS_{yy} = 1297 - (71 \times 71/4) = 36,75$$

$$SS_{xy} = 63,3 - (3,28 \times 71/4) = 5,1$$

Коэффициент корреляции Пирсона

$$r = 5,1 / \sqrt{1,09 \times 36,75} = 0,81$$

Значение коэффициента корреляции в интервале 0,7-0,9 указывает на сильную положительную линейную связь между уровнем минерального питания и урожайностью люцерны, возделываемой на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 70-75% НВ.

Режим орошения 75-80% НВ

Таблица 5 – Исходные данные для построения уравнения линейной регрессии

Table 5 – Initial data for constructing a linear regression equation

X1 доза минеральных удобрений, т/га в физическом весе / Mineral fertilizer dose, t/ha in physical weight	Y1 (урожайность люцерны, т/га) / (alfalfa yield, t/ha)	X1Y1	X1 ²	Y1 ²
0	18	0	0	324
0,79	23	18,17	0,62	529
1,0945	28	30,6	1,20	784
1,399	26	36,4	1,96	676
Σ3,28	Σ95	Σ 85,2	Σ 3,78	Σ,2313

Коэффициенты функции $y = ax+b$ находим из решения системы уравнений:

$$\begin{cases} 3,78a + 3,28b = 85,2 \\ 3,28a + 4b = 95 \end{cases}$$

$\Delta = \begin{pmatrix} 3,78 & 3,28 \\ 3,28 & 4 \end{pmatrix} = 3,78 \times 4 - 3,28 \times 3,28 = 15,12 - 10,76 = 4,36 \neq 0$, значит система имеет единственное решение

$$\Delta a = \begin{pmatrix} 85,2 & 3,28 \\ 95 & 4 \end{pmatrix} = 85,2 \times 4 - 95 \times 3,28 = 340,8 - 311,6 = 29,2$$

$$a = \Delta a / \Delta = 29,2/4,36 = 6,7$$

$$\Delta b = \left(\frac{3,7885,2}{3,2895} \right) = 3,78 \times 95 - 3,28 \times 85,2 = 359,1 - 279,5 = 79,6$$

$$b = \Delta b / \Delta = 79,6 / 4,36 = 18,3$$

Таким образом, уравнение регрессии имеет вид $y = 6,7x + 18,3$.

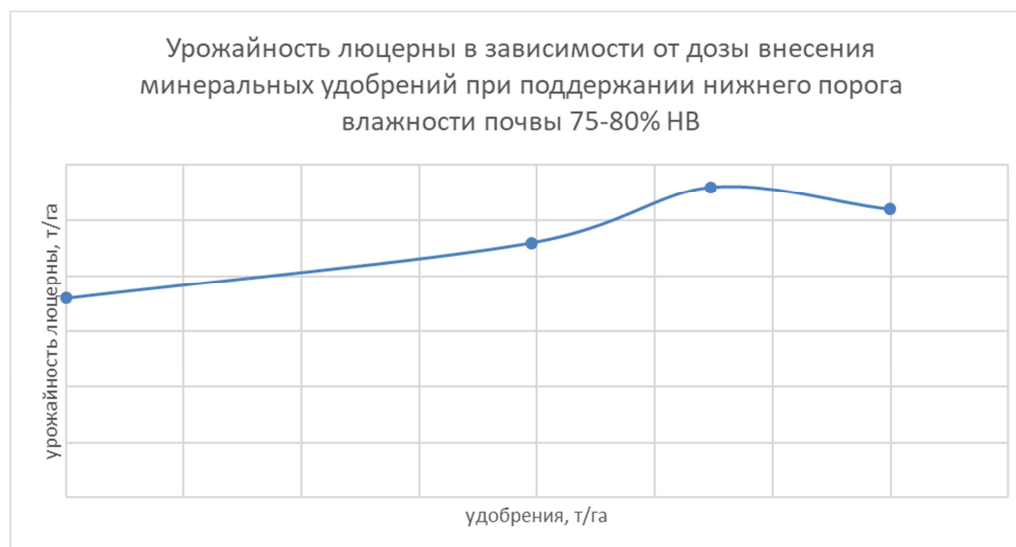


Рисунок 3 – Урожайность люцерны в зависимости от минерального питания (вариант орошения 75-80% НВ)

Figure 3 – Alfalfa yield depending on mineral nutrition (irrigation option 75-80% NV)

На основе данных табл.5 выполняем построение диаграммы рассеяния (рис.3), результаты которой подтверждают рост эффективности от применения минеральных удобрений только до определенного момента (доза удобрений 1,0945 т/га в физическом весе, урожайность 28 т/га), после которого, несмотря на увеличение уровня минерального питания наблюдается снижение урожайности люцерны. Для выявления корреляционной зависимости между дозой внесения минеральных удобрений и урожайностью люцерны, возделываемой на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 75-80% НВ определяем коэффициент корреляции по Пирсону:

$$\bar{X} = 3,28 / 4 = 0,82$$

$$\bar{Y} = 95 / 4 = 23,75$$

$$SS_{xx} = 3,78 - (3,28 \times 3,28 / 4) = 1,09$$

$$SS_{yy} = 2313 - (95 \times 95 / 4) = 57$$

$$SS_{xy} = 85,2 - (3,28 \times 95 / 4) = 7,3$$

Коэффициент корреляции Пирсона

$$r = 7,3 / \sqrt{1,09 \times 57} = 0,92$$

Значение коэффициента корреляции в интервале 0,9-1 указывает на очень сильную положительную линейную связь между уровнем минерального питания и урожайностью люцерны, возделываемой на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы на уровне 75-80% НВ.

Данные полевых опытов по изучению совместного влияния орошения и удобрений на урожайность люцерны были подтверждены результатами дисперсионных анализов по годам исследований (таблица 6).

Анализ данных таблицы 6 показал, что колебания урожайности изучаемой культуры по годам исследований не были ярко выраженными, что связано с возделыванием люцерны в условиях орошения.

Максимальные уровни урожайности во все годы исследования и на всех режимах орошения были зафиксированы при внесении Р80К50 в основное удобрение и N20Р50К40 в подкормки.

Таблица 6 – Урожайность люцерны в зависимости от режима орошения и дозы минеральных удобрений, Харабалинский район
Table 6 – Alfalfa yield depending on irrigation regime and dose of mineral fertilizers, Kharabalinsky district

Вариант / Variant	Основное удобрение, кг. д. в. на га / Basic fertilizer, kg a.i. per ha	Подкормки, кг д. в. на га / Fertilizing, kg a.i. per ha	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Средняя / Average
65-70% НВ	Без удобрений / No Fertilizer		10,3	11,0	9,8	10
	P60K30	N10P40K30	13,0	14,0	12,8	13
	P80K50	N20P50K40	17,0	17,0	16	17
	P100K70	N30P60K50	15,0	16,0	14,4	15
70-75% НВ	Без удобрений / No Fertilizer		14,0	15,0	13,6	14
	P60K30	N10P40K30	16,0	17,4	15,2	16
	P80K50	N20P50K40	22,0	22,0	21,0	22
	P100K70	N30P60K50	19,0	20,0	18,0	19
75-80% НВ	Без удобрений / No Fertilizer		18,0	18,0	17,0	18
	P60K30	N10P40K30	23,0	24,0	22,0	23
	P80K50	N20P50K40	28,0	28,0	27,0	28
	P100K70	N30P60K50	26,0	27,0	25,0	26
НСП(05) А			0,66	0,65	0,47	
НСП(05) В			0,90	0,89	0,68	
НСП(05) АВ			0,90	0,89	0,68	

Выводы. Результаты трехлетних испытаний с 2018 по 2020 гг в Харабалинском районе Астраханской области показали, что при увеличении дозы внесения минеральных удобрений наблюдается рост урожайности люцерны, возделываемой в условиях орошения, но только до определенного момента, после которого фиксируется спад урожая. Данная тенденция наблюдается на всех изучаемых режимах орошения. Коэффициент корреляции по Пирсону свидетельствует о сильной ($r = 0,87 - 0,81$; режимы орошения люцерны 65-70% НВ и 70-75% НВ) и очень сильной корреляционной зависимости ($r = 0,92$ режим орошения 75-80% НВ) между уровнем минерального питания и урожаем изучаемой культуры.

Conclusions. The results of three-year tests from 2018 to 2020 in the Kharabalinsky district of the Astrakhan region showed that with an increase in the dose of mineral fertilizers, there is an increase in the yield of alfalfa cultivated under irrigation conditions, but only up to a certain point, after which a decline in the yield is recorded. This trend is observed in all studied irrigation regimes. The Pearson correlation coefficient indicates a strong ($r = 0.87 - 0.81$; alfalfa irrigation regimes 65-70% NV and 70-75% NV) and very strong correlation dependence ($r = 0.92$ irrigation regime 75-80% NV) between the level of mineral nutrition and the yield of the crop under study.

Библиографический список

1. Тютюма Н. В., Айтпаева А. А., Беспалова О. Н. Устойчивое развитие кормопроизводства как основа наращивания животноводческой продукции в регионе. АгроЭкоИнфо. 2022. № 4 (52).
2. Мисюряев В. Ю., Гузенко Е. Ю., Джафаров В. В. Приёмы основной обработки почвы при возделывании люцерны. Аграрная Россия. 2022. № 7. С. 14-17.
3. Монгуш Л. Т. Продуктивность и изменение ботанического состава многолетних бобово-злаковых травосмесей. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2018. № 3 (39). С. 53-57.
4. Прокина Л. Н., Медведева Е. В. Продуктивность и качество урожая многолетних трав в зависимости от минеральных удобрений и препарата жусс-2 на фоне известкования. Аграрная Россия. 2013. № 5. С. 12-14.
5. Ионова Л. П. Современное состояние и тенденции развития отрасли растениеводства в АПК Астраханской области: монография. 2023. 418 с.
6. Кожокина А. Н., Мязин Н. Г. Влияние удобрений и мелиоранта на кальциевый режим чернозема выщелоченного. Инновационные технологии и технические средства в АПК. Воронеж, 2016. С. 46-51.
7. Кириллова Е. В., Копылов А. Н. Влияние различных систем удобрения на изменение агрохимических свойств почвы. Аграрный вестник Урала. 2017. № 158 (4). С. 31-36.
8. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Strategic directions of development of dairy cattle breeding in the region in the conditions of modern challenges. Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: response to global challenges: International scientific conference. Volgograd, 2019. V. 39. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/cssdre-19/125909685>
9. Дегунова Н. Б., Данилова Ю. Б. Влияние инокуляции активными штаммами клубеньковых бактерий на урожайность различных сортов люцерны изменчивой. Аграрная Россия. 2014. № 5. С. 9-11.

10. Савина О. В., Макаров В. А., Макарова О. В., Гаспарян С. В. Органические удобрения как фактор повышения плодородия почвы и эффективности растениеводства. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 4 (44). С. 53-59.

11. Костин Я. В., Ушаков Р. Н., Левин В. И., Фадкин Г. Н., Кобелева А. В., Черкасова С. В. Приоритетные направления использования местных сыромолотых фосфоритов для сохранения и повышения плодородия почв. вестник рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2017. № 4 (36). С. 45-48.

12. Кирейчева Л. В., Неведов А. В., Евсенкин К. Н., Ильинский А. В., Виноградов Д. В., Иванникова Н. А. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2016. № 3 (31). С. 12-17.

13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

14. Медведев Г. А., Димитриенко С. А. Продуктивность люцерны при различных сроках возврата на прежнее место в севооборот на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2011. № 3 (23). С. 7.

References

1. Tyutyuma N. V., Aitpaeva A. A., Bepalova O. N. Sustainable development of feed production as a basis for increasing livestock production in the region. AgroEcolInfo. 2022. № 4 (52).

2. Misyuryaev V. Yu., Guzenko E. Yu., Jafarov V. V. Basic tillage techniques for alfalfa cultivation. Agrarian Russia. 2022. No. 7. Pp. 14-17.

3. Mongush L. T. Productivity and changes in the botanical composition of perennial legume-cereal grass mixtures. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2018. No. 3 (39). Pp. 53-57.

4. Prokina L. N., Medvedeva E. V. Productivity and quality of the harvest of perennial grasses depending on mineral fertilizers and the preparation zhuss-2 on the background of liming. Agrarian Russia. 2013. No. 5. Pp. 12-14.

5. Ionova L. P. The current state and trends in the development of the crop industry in the agroindustrial complex of the Astrakhan region: monograph. 2023. 418 p.

6. Kozhokina A. N., Myazin N. G. The influence of fertilizers and meliorant on the calcium regime of leached chernozem. Innovative technologies and technical means in agriculture: materials of the International scientific and practical conference. Voronezh, 2016. Pp. 46-51.

7. Kirillova E. V., Kopylov A. N. The influence of various fertilizer systems on the change of agrochemical properties of the soil. Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. № 158 (4). Pp. 31-36.

8. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Strategic directions of development of dairy cattle breeding in the region in the conditions of modern challenges. Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: response to global challenges: International scientific conference. Volgograd, 2019. V. 39. <https://www.atlantis-presse.com/proceedings/cssdre-19/125909685>

9. Degunova N. B., Danilova Yu. B. The effect of inoculation with active strains of nodule bacteria on the yield of various varieties of alfalfa. Agrarian Russia. 2014. No. 5. Pp. 9-11.

10. Savina O. V., Makarov V. A., Makarova O. V., Gasparian S. V. Organic fertilizers as a factor in increasing soil fertility and crop production efficiency. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2019. No. 4 (44). Pp. 53-59.

11. Kostin Ya. V., Ushakov R. N., Levin V. I., Fadkin G. N., Kobleva A. V., Cherkasova S. V. Priority directions of using local raw ground phosphorites to preserve and increase soil fertility. bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2017. No. 4 (36). Pp. 45-48.

12. Kireicheva L. V., Nefedov A. V., Evsenkin K. N., Ilyinsky A. V., Vinogradov D. V., Ivannikova N. A. Justification for the use of a fertilizer-reclamation mixture based on peat and sapropel to increase the fertility of degraded soils. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2016. No. 3 (31). Pp. 12-17.

13. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.

14. Medvedev G. A., Dimitrienko S. A. The productivity of alfalfa at various periods of return to its former place in crop rotation on irrigated lands of the Lower Volga region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex. 2011. № 3 (23). P.7.

Информация об авторах

Айтпаева Айгуль Алдунгаровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности «Экономика и управление народным хозяйством», доцент кафедры «Экспертиза, эксплуатация и управление недвижимостью», начальник управления научно-исследовательской работы и международных связей Астраханского государственного архитектурно-строительного университета (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18.); научный сотрудник ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8), ORCID 0000-0003-3898-5813, e-mail: aman.bisaliyev2012@yandex.ru

Тютюма Наталья Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8), ORCID ID 0000-0001-6582-2628, e-mail: pniiaz@mail.ru

Булахтина Галина Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, отдел рационального природопользования, заведующий отделом, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8), ORCID 0000-0001-8949-8666, e-mail: gbulahat@mail.ru

Author's Information

Aitpayeva Aigul Aldungarovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor in the specialty "Economics and Management of the National Economy", Associate Professor of the Department of "Expertise, Operation and Management of Real Estate", Head of the Department of Research Work and International Relations of the Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva st., 18); Researcher at the Federal State Budgetary Institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solenoe Zaimishche, Severny quarter, 8), ORCID 0000-0003-3898-5813, e-mail: arman.bisalieva2012@yandex.ru

Tyutyuma Natalya Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal State Budgetary Institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solenoe Zaimishche, Severny quarter, 8), ORCID ID 0000-0001-6582-2628, e-mail: pniiiaz@mail.ru

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Department of Environmental Management, Head of Department, Federal State Budgetary Scientific Institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solenoe Zaimishche, Severny quarter, 8), ORCID 0000-0001-8949-8666, e-mail: gbulaht@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-07

**NUTRITIONAL VALUE OF SUGAR AND GRAIN SORGHUM FEEDS IN SINGLE-SPECIES
AND JOINT COMPONENTS****Antimonova O. N., Syrkina L. F., Antimonov A. K.**

*P. N. Konstantinov Volga Research Institute of Breeding and Seed Production –
branch of Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
Kinel, Samara Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: antimonovaolga@list.ru

Received 21.02.2024

Submitted 22.04.2024

The research was carried out within the framework of the Program of Fundamental Scientific Research of the Russian Academy of Sciences FMRW-2022-0019 (state registration No. 122032200042-8) of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic "Scientific basis for the creation of new varieties of cereals, grain fodder and sorghum crops, with complex resistance to bio and abiostressors, with high economically valuable traits, ensuring stable yields in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region"

Summary

Silage made of a single-species component of sorghum and a combined component of sorghum + soybeans + corn. The silage of the studied samples had an aromatic fruity smell or the smell of pickled vegetables, green-olive color, and a good crumbly consistency. The dry matter content of the single-species component of sorghum is 325 g/kg of natural feed, KE 0.29, ECE 0.32. The dry matter content in the combined composition of sorghum + soybeans is 320 g/kg of natural feed, KE 0.28, ECE 0.32, which exceeds the requirements of GOST. The active acidity of the silage was within the range of pH = 4.0-4.3 % and did not exceed the requirements of GOST. The haylage of the studied samples had an aromatic fruity smell, yellow-green-brown color and a good crumbly consistency. The energy value of 1 kg of grain sorghum haylage was 0.42, sugar - 0.36 ECE. Silage and haylage from grain and sugar sorghum had good nutritional values of the feed, which will successfully complement the feed balance of winter rations.

Abstract

Introduction. The traditional crop for making silage is corn, but the sharply continental arid climate of the Middle Volga region negatively affects the high productivity of corn. As a result, a significant part of farms cannot provide stable, nutritious nutrition for cattle. One of the options for getting out of this situation is to use sugar and grain sorghum as a silage crop, which, due to its properties, in particular drought and salt resistance, can provide constant high yields of both green mass and grain even in acutely dry conditions years. Studies to assess the nutritional value of canned feed were carried out on the basis of the Volga Research Institute of Canned Food, a branch of the Samara Research Center of the Russian Academy of Sciences, and the Samara State Agrarian University. **Object.** The objects of the study for silage harvesting were the following crops: sugar sorghum of the Kinskoye 4 variety, grain sorghum – Premiera, soybean – Kinlyanka and corn hybrid – Kinbel 144 SV. **Materials and methods.** In experiment No. 1 in laboratory conditions, the chemical composition of the green mass of these crops in the phase of milk ripeness of sorghum and corn grain and waxy ripeness of soybeans (August 17) was carried out, as well as the experiment was laid down in the threefold repetition of silage (by the method of self-preservation) of the studied samples. In experiment No. 2, the chemical composition of the green mass of sugar sorghum Kinskoye 4 and grain sorghum Premiera in the phase of milky-waxy ripeness of grain was determined, and the mass was laid for haylage in the same period on September 3 in the peasant farm "Vasilina" of the Bol'she-Chernigovskogo district. **Results and conclusions.** Analysis of these studies showed that all silage options have excellent feed qualities, especially silage from the single-species component sorghum and the