

**СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ/PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY**DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.10>**ДИНАМИКА КОРМОВОЙ ЦЕННОСТИ ТЕТРАПЛОИДНОЙ КУКУРУЗЫ ПРИ СИЛОСОВАНИИ**

Научная статья

Бузуртанов А.И.^{1,*}, Ерохина А.В.², Зайцев С.А.³, Хатефов Э.Б.⁴¹ ORCID : 0000-0002-3438-5987;² ORCID : 0000-0002-5874-1931;³ ORCID : 0000-0002-6829-1970;⁴ ORCID : 0000-0001-5713-2328;¹ Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Назрань, Российская Федерация² Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Российская Федерация³ Общество с ограниченной ответственностью "Русид", Саратов, Российская Федерация⁴ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (buzurtanov.aslanbek[at]mail.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты изучения силоса, заготовленного из тетраплоидного сорта кукурузы Тетрасил. Исследования по выращиванию растений тетраплоидной кукурузы проводили в 2022–2023 гг. в Саратовской области на территории селекционного участка «ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»». Погодно-климатические условия в годы исследований были разнообразны, что позволило провести объективную оценку исходного материала тетраплоидной кукурузы. ГТК за период май–сентябрь в 2022 г. составил 0,77, в 2023 г. — 0,68. Целью работы являлось изучить качество силоса из тетраплоидной кукурузы сорта Тетрасил в сравнении с силосом диплоидной кукурузы. Статистическую обработку данных исследования проводили с использованием компьютерной программы Statistica 13.3.1. Проведен анализ динамики величин изученных признаков у образцов диплоидной и тетраплоидной кукурузы, качественного состава силоса из диплоидной и тетраплоидной кукурузы на 14, 30 и 60 сутки силосования. Наибольшая урожайность силосной массы формируется у тетраплоидной кукурузы с небольшим превышением содержания в зерне белка и БЭВ в силосной массе в сравнении с диплоидной. По качеству силоса из диплоидной и тетраплоидной кукурузы значимых отличий не обнаружено.

Ключевые слова: кукуруза, диплоид, тетраплоид, силос, урожайность, силосная масса.**DYNAMICS OF THE FODDER VALUE OF TETRAPLOID CORN DURING SILAGE FERMENTATION**

Research article

Buzurtanov A.I.^{1,*}, Yerokhina A.V.², Zaitsev S.A.³, Khatefov E.B.⁴¹ ORCID : 0000-0002-3438-5987;² ORCID : 0000-0002-5874-1931;³ ORCID : 0000-0002-6829-1970;⁴ ORCID : 0000-0001-5713-2328;¹ Ingush Research Institute of Agriculture, Nazran, Russian Federation² Russian Research and Design Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russian Federation³ Limited Liability Company "Rusid", Saratov, Russian Federation⁴ Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (buzurtanov.aslanbek[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of a study of silage made from the tetraploid corn variety Tetrasil. Research on the cultivation of tetraploid corn plants was conducted in 2022–2023 in Saratov Oblast on the territory of the plant-breeding plot "FSBI Russian Research and Design Institute for Sorghum and Corn "Rossorgo". The weather and climatic conditions during the years of the study were varied, which allowed for an objective assessment of the source material of tetraploid corn. The HTI for the period May–September in 2022 was 0.77, and in 2023, it was 0.68. The aim of the study was to examine the quality of silage from Tetrasil tetraploid corn in comparison with silage from diploid corn. Statistical processing of the research data was performed using the Statistica 13.3.1 computer program. An analysis was conducted of the dynamics of the studied characteristics in samples of diploid and tetraploid corn, as well as the qualitative composition of silage from diploid and tetraploid corn on days 14, 30, and 60 of ensiling. The highest silage yield was obtained from tetraploid corn, with a slight excess of protein and crude fiber in the grain compared to diploid corn. No significant differences were found in the quality of silage from diploid and tetraploid corn.

Keywords: corn, diploid, tetraploid, silage, yield, silage mass.

Введение

Кукурузный силос является важным компонентом рациона крупного рогатого скота. Благодаря удобству хранения и высокому содержанию питательных веществ, он широко используется в смешанных рационах для мясного скота [1], [2], [3]. Включение кукурузного силоса в рацион молочных коров способствует увеличению потребления корма, повышению молочной продуктивности и содержания молочного белка [3], [4], [5]. За последние десятилетия значительно возросло выращивание кукурузы на силос во многих регионах мира. В сочетании с травой, кукурузный силос становится основным кормовым компонентом в рационах молочных коров при различных схемах кормления [6], [7]. Однако не все сорта и гибриды кукурузы обеспечивают качественный силос. Разнообразие предпочтений производителей и выращивание кукурузы до 55° северной широты требуют корректировки селекционных программ по срокам созревания и уборочной влажности зерна [8].

В России селекция кукурузы проводится на группах спелости ФАО 200–600, адаптированных к условиям от 52° до 42° северной широты. Такая протяжённость (1110 км) повышает риски холодового стресса на ранних стадиях органогенеза, снижая качество урожая и его биохимический состав [9]. Сорта и гибриды кукурузы для северных зон должны обладать устойчивостью к недостатку суммы активных температур и формировать большую листостебельную массу с высокой долей початков. Для этого используются среднепоздние и позднеспелые гибриды и сорта кукурузы с индексом группы спелости ФАО 300–500. Тетраплоидные растения характеризуются более высоким выходом биомассы и лучшей адаптацией к абиотическим факторам среды по сравнению с диплоидными [10], [11].

Индукцированная полиплоидия у кукурузы (*Zea mays* L.) позволяет увеличить производство биомассы для энергии или силоса за счёт удвоения хромосом, что приводит к более крупным клеткам и частям растения, а также повышенной устойчивости к неблагоприятным факторам [11], [12]. Впервые тетраплоидная кукуруза была создана Рандольфом в 1930-х годах [13], но не получила широкого распространения из-за низкой семенной продуктивности. Сорт тетраплоидной кукурузы Тетрасил, создан на основе длительного селекционного отбора, характеризуется высокой зерновой продуктивностью, большой вегетативной массой и другими качественными признаками, подходящими для использования в качестве источника зерна и силоса. Исследования показали, что инбредные и гибридные сорта 4n имеют более широкие листья, больший диаметр стебля и початка, более высокую уборочную влажность зерна и соломы по сравнению с диплоидными аналогами [11], [14], что дает им некоторые преимущества перед диплоидными сортами и гибридами для использования на силос.

Целью данной работы являлось изучить качество силоса из тетраплоидной кукурузы сорта Тетрасил в сравнении с силосом диплоидной кукурузы в условиях самоконсервации.

Методы и принципы исследования

Материалом для исследования послужили образцы, относящиеся к подвиду зубовидной кукурузы (*Zea mays* ssp. *indentata* Sturt.), с диплоидным сортом Радуга, и тетраплоидным сортом Тетрасил. Испытания и фенотипическую оценку сортов проводили в оптимальных для созревания зерна агроклиматических условиях Саратовской области. Агроклиматические условия летнего сезона в Саратовской области в 2022/2023 гг способствовали получению урожая зерна кукурузы для групп спелости изученных сортов. Вегетационный период в Саратове длится 127–150 дней. Среднегодовое количество осадков составило 360–455 мм. Климат зоны охарактеризовался как умеренно-континентальный с суммой активных температур до 3100 °С. Диплоидные и тетраплоидные сорта кукурузы были высеяны при стабильной температуре почвы в диапазоне 10–12 °С на стандартных двухрядных делянках площадью 9,8 м². Количество растений на каждой делянке составляло 60 растений при ширококрядной схеме посева 35×70 см. Почва опытного участка представляет собой южный малогумусный чернозём, среднемощный и тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое по методу Тюрина составляет 3,80–4,60%, валового азота — 0,17–0,22%, валового фосфора — 0,11–0,14%, калия — 1,10–1,38%. Плотность почвы составляет 1,20–1,32 г/см³, наименьшая влагоёмкость (НВ) — 101,1 мм в слое 0–30 см и 295,6 мм в слое 0–100 см. Учет морфометрических параметров, элементов структуры урожая и прочих характеристик проводился в соответствии с методиками, представленными в работах Шмараева и Матвеевой [15] и Доспехова [16]. Качество силоса оценивалось в соответствии с ГОСТ Р 55986-2014 [17] и Михину [18]. Опыты по силосованию кукурузы проводили в период созревания растений до фазы восковой спелости. Растения кукурузы отбирали с делянки в количестве 5 типичных растений с середины делянки в трех повторностях. Срез осуществляли на высоте 40 см от поверхности почвы. Измельчение растений осуществляли при средней влажности силосной массы 60–70% на частицы размером 10–20 мм. Навеска 1 повторности пробы составила 5 кг, число повторностей в опыте трехкратное. Данные по всем параметрам были проверены методом дисперсионного анализа (ANOVA), и наименьшее значимое различие при $p < 0,05$ использовалось для сравнения со средним значением разницы с помощью программы Statistix (version 10.0, Tallahassee, Florida).

Основные результаты

Испытание кукурузы сорта Тетрасил в условиях Саратовской области проводили в сравнении с районированным сортом Радуга, адаптированной к данным климатическим условиям и вызревающей на зерно. Сорт Радуга традиционно используется для силосования в местных животноводческих хозяйствах. Однако эти же климатические условия позволяли сорту Тетрасил достигать только восковой спелости, и до наступления заморозков редко удавалось достичь необходимой уборочной влажности зерна. Сравнительный анализ урожая зеленой массы и содержания в нем сухого вещества, а также биохимический состав зерна продемонстрировали значительное превосходство сорта Тетрасил над диплоидной популяцией Радуга (рис. 1).

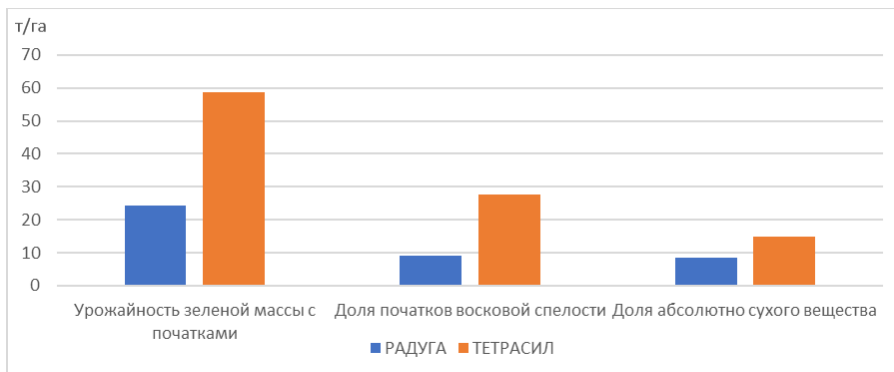


Рисунок 1 - Структура урожая зеленой массы диплоидной (сорт Радуга) и тетраплоидной (сорт Тетрасил) кукурузы
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.10.1>

При этом значения $НСР_{05}$ для урожая зеленой массы с початками составило 2,3т/га, а для доли початков восковой спелости и абсолютно сухого вещества 1,6т/га и 1,2 т/га соответственно. Содержание масла, крахмала и белка в зерне показало, что тетраплоидный сорт Тетрасил превышает диплоидный стандарт по количеству крахмала и протеина, в то время как по содержанию масла наблюдается незначительное отставание от диплоидного стандарта (рис.2).

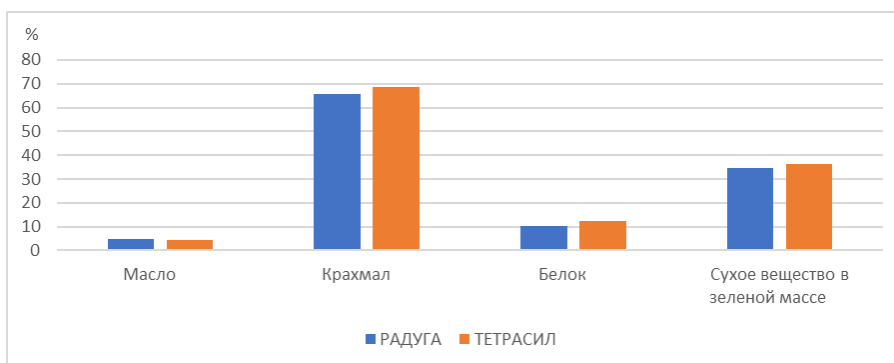


Рисунок 2 - Биохимический состав зерна и зеленой массы диплоидной (сорт Радуга) и тетраплоидной (сорт Тетрасил) кукурузы
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.10.2>

За 60 дней силосования диплоидной и тетраплоидной кукурузы были зафиксированы схожие изменения в содержании каротиноидов в силосной массе (таблица 1). Несмотря на то, что каротиноиды содержались в силосной массе тетраплоидов в 2 раза больше, чем диплоидной (на 14 день) уже к 60 дню консервации их значения сравнялись. Аналогичная динамика снижения наблюдалась и по содержанию жира в силосе из тетраплоидной и диплоидной кукурузы. Причем динамика снижения у тетраплоидного образца происходит более интенсивно, чем у диплоидного. Динамика протеина и клетчатки в силосе за 60 дней имело различные тенденции. Динамика снижения содержащейся в силосе протеина происходило плавно, без резких изменений их количества, кроме небольшого пика роста на 30 день в обоих вариантах. Возможно, это вызвано активностью ферментирующих бактерий и накопления их биомассы в силосе. При достижении 60 дней силосования, возросшая кислотность снижает бактериальную активность и содержание белка падает ниже двух предыдущих значений. Динамику роста клетчатки до 60 дней силосования показал силос из диплоидной кукурузы, тогда как у тетраплоидной кукурузы этот пик пришелся на 30 день. Снижение содержания золы в силосах диплоидной и тетраплоидной кукурузы показало, что у диплоидного силоса снижение в 2 раза менее интенсивно, чем в силосе тетраплоидной кукурузы. Причину такой динамики можно объяснить более интенсивными процессами разложения органических веществ до газообразного состояния. Наиболее важными показателями качества силоса являются значения содержания БЭВ и абсолютно сухого вещества. На 60 сутки силосования содержание БЭВ в силосе диплоидной кукурузы снизилось, тогда, как в силосе тетраплоидной кукурузы наблюдалось незначительное повышение. Небольшое снижение на 30 сутки с последующим повышением на 60 сутки силосования наблюдалось по содержанию абсолютно сухого вещества в обоих вариантах силоса.

Таблица 1 - Динамика качества питательности силоса диплоидной (сорт Радуга) и тетраплоидной (сорт Тетрасил) кукурузы при самоконсервировании

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.10.3>

Консервация, сут.	n	Каротин, мг/кг сырого вещества	Белок, %	Жир, %	Зола, %	Клетчатка, %	БЭВ, %	Абсолютно сухое вещество
14	2n	6,03	6,69	1,67	6,00	28,14	57,50	20,55
	4n	13,08	6,31	2,30	5,44	27,66	58,29	22,63
30	2n	8,76	7,44	1,89	5,87	29,85	54,95	20,49
	4n	8,25	6,75	2,35	5,45	28,35	57,10	21,17
60	2n	7,56	6,50	1,83	5,79	32,16	53,72	22,18
	4n	8,15	5,50	1,76	5,04	28,11	59,59	22,46
Разность на 60 сут	2n	+1,53	-0,19	+0,16	-0,21	+4,02	-3,78	+1,63
	4n	-4,93	-0,81	-0,54	-0,4	+0,45	+1,3	-0,17
НСР ₀₅		0,023	0,028	0,028	0,076	0,346	0,075	0,065

Исследование органолептических характеристик силоса, приготовленного из различных сортов кукурузы, показало, что оба образца имели приятный характерный запах силоса, насыщенный оливковый оттенок и рассыпчатую, нелипкую текстуру. Уровень активной кислотности силосованной массы, независимо от плоидности кукурузы, соответствовал рекомендуемым значениям рН — от 4,12 до 4,4 (таблица 2). Динамика кислотности в силосе диплоидной кукурузы была в 2 раза интенсивнее, чем тетраплоидной. Статистически значимых различий между образцами не выявлено. Незначительное повышенное накопление в варианте с тетраплоидной кукурузой над диплоидной, за 60 дней консервации, согласуются с динамикой суммы органических кислот (общая, молочная, уксусная) в те же сроки.

Таблица 2 - Динамика органических кислот и кислотности силоса диплоидной (сорт Радуга) и тетраплоидной (сорт Тетрасил) кукурузы при самоконсервировании

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.10.4>

Консервация, сут.	n	Сумма кислот, %	Молочная кислота, %		Уксусная кислота, %		рН
			в силосной массе	в сумме органических кислот	в силосной массе	в сумме органических кислот	
14	2n	1,27	1,27	74,27	0,44	25,73	4,12
	4n	1,87	1,29	68,98	0,58	31,02	4,28
30	2n	1,49	1,49	71,98	0,58	28,02	4,16
	4n	2,29	1,69	73,80	0,60	26,20	4,21
60	2n	1,57	1,57	71,04	0,64	28,96	4,35
	4n	2,25	1,60	71,11	0,65	28,89	4,40
Разность на 60 сут	2n	+0,3	+0,3	-3,23	+0,2	+3,23	+0,23
	4n	+0,38	+0,31	+2,13	+0,07	-2,13	+0,12
НСР ₀₅		0,030	0,027	0,040	0,020	0,100	0,094

Растения диплоидной кукурузы уступали по морфометрическим признакам растениям тетраплоидной (рис.3).

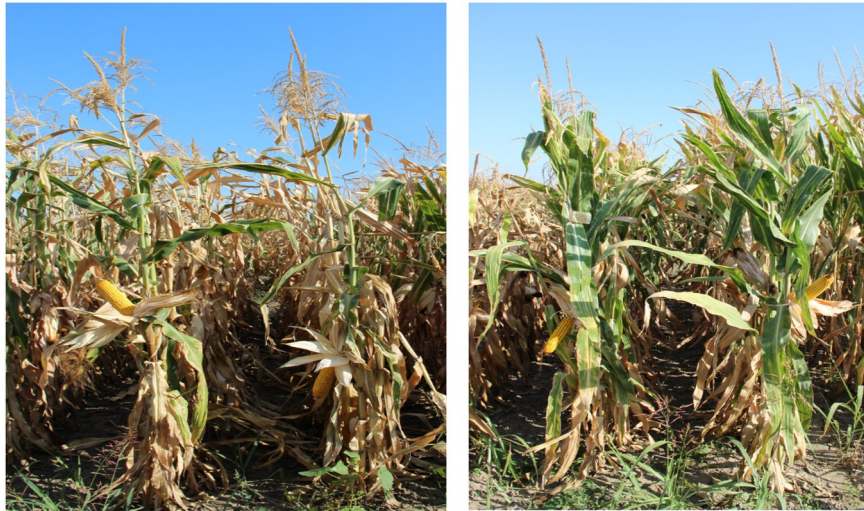


Рисунок 3 - Растения кукурузы сорта Радуга (слева) и Тетрасил (справа) в фазе восковой спелости початка
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.10.5>

Тетраплоидная кукуруза характеризовалась мощными растениями с широкими листьями и толстым стеблем, крупными початками с крупным зерном.

Заключение

Тетраплоидные и диплоидные сорта кукурузы являются высокопродуктивными источниками корма, демонстрирующими стабильные показатели качества независимо от времени заготовки. Впервые проведенные исследования силоса, изготовленного из тетраплоидной кукурузы сорта Тетрасил, не позволяют сравнить полученные результаты с данными аналогичных исследований из-за отсутствия в отечественной и мировой практике тетраплоидных сортов и гибридов кукурузы. Тем не менее, образцы силоса, произведенные из диплоидных и тетраплоидных сортов кукурузы, соответствуют одному классу по органолептическим и биохимическим показателям, установленным в ГОСТ Р 55986-2014. Тетраплоидный сорт кукурузы Тетрасил обладает значительно более высокой урожайностью зеленой массы, которая превышает урожайность диплоидных сортов в 2,4 раза. Это приводит к увеличению объема кормов, получаемых с одного гектара, что способствует повышению экономической эффективности выращивания данного сорта на кормовые цели. При этом качество кормов не ухудшается, что подтверждается соответствием биохимическим и органолептическим стандартам. Необходимы дополнительные исследования качества силоса сорта Тетрасил, произведенного в агроклиматических условиях СКФО или ЮФО, где этот сорт может накапливать больше сухого вещества и вызревать на зерно.

Финансирование

Исследования выполнены при финансовой поддержке Госзаданий № FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.10.6>

Funding

The research was carried out with financial support from State Task No. FGEM-2022-0009, "Structuring and disclosing the potential of hereditary variability in the All-Union Research Institute of Plant Breeding global collection of grain and cereal crops for the development of an optimized gene bank and rational use in breeding and plant production".

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.10.6>



Список литературы / References

1. Kirkland R.M. The influence of grass and maize silage quality on apparent diet digestibility, metabolizable energy concentration and intake of finishing beef cattle / R.M. Kirkland, R.W.J. Steen, F.J. Gordon [et al.] // *Grass and Forage Science*. — 2005. — № 60. — P. 244–253. — DOI: 10.1111/j.1365-2494.2005.00472.x.
2. Ericsson K. Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach / K. Ericsson, L.J. Nilsson // *Biomass Bioenergy*. — 2006. — № 30. — P. 1–15. — DOI: 10.1016/j.biombioe.2005.09.001.
3. Phipps R.H. The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. 3. Food intake and milk production / R.H. Phipps, J.D. Sutton, D.E. Beever [et al.] // *Animal Science Journal*. — 2000. — № 71. — P. 401–409. — DOI: 10.1017/S1357729800055259.
4. Keady T.W.J. Effects of replacing grass silage with maize silages, differing in maturity, on performance and potential concentrate sparing effect of dairy cows offered two feed value grass silages / T.W.J. Keady, D.J. Kilpatrick, C.S. Mayne [et al.] // *Livestock Science*. — 2008. — № 119. — P. 1–11. — DOI: 10.1016/j.livsci.2008.02.006.
5. Kliem K.E. Effect of replacing grass silage with maize silage in the diet on bovine milk fatty acid composition / K.E. Kliem, R. Morgan, D.J. Humphries [et al.] // *Animal*. — 2008. — № 2. — P. 1850–1858. — DOI: 10.1017/S1751731108003078.
6. Khan N.A. Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows / N.A. Khan, T.A. Tewoldebrihan, R.L.G. Zom [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2012. — № 95. — P. 1472–1483. — DOI: 10.3168/jds.2011-4701.
7. Khan N.A. Causes of variation in fatty acid content and composition in grass and maize silages / N.A. Khan, J.W. Cone, V. Fievez [et al.] // *Animal Feed Science and Technology*. — 2012. — № 174. — P. 3–45. — DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2012.02.006.
8. Coulter J. Selecting corn hybrids for silage production. University of Minnesota Extension / J. Coulter. — 2018. — URL: <https://extension.umn.edu/corn-hybrid-selection/selecting-corn-hybrids-silage-production> (accessed: 17.11.2025).
9. Wu J. Effects of Chilling Stress on Morphological, Physiological, and Biochemical Attributes of Silage Corn Genotypes during Seedling Establishment / J. Wu, M. Nadeem, L. Galagedara [et al.] // *Plants*. — 2022. — № 11 (9). — P. 1217. — DOI: 10.3390/plants11091217.
10. Rauf S. Induced Polyploidy: A Tool for Forage Species Improvement / S. Rauf, R. Ortiz, D.P. Malinowski [et al.] // *Agriculture*. — 2021. — № 11. — P. 210. — DOI: 10.3390/agriculture11030210.
11. Хатефов Э.Б. Семенная продуктивность тетраплоидной кукурузы и пути ее повышения в условиях Кабардино-Балкарии / Э.Б. Хатефов. — Санкт-Петербург: Принт Центр, 2012. — 393 с.
12. Хатефов Э.Б. Основные направления селекции тетраплоидной кукурузы в Кабардино-Балкарии / Э.Б. Хатефов, А.М. Кагермазов. — Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2010. — 242 с.
13. Randolph L.F. Cytogenetics of tetraploid maize / L.F. Randolph // *Journal of Agricultural Research*. — 1935. — № 50. — P. 591–606.
14. Sockness B.A. Morphology and Yield of Isogenic Diploid and Tetraploid Maize Inbreds and Hybrids / B.A. Sockness, J.W. Dudley // *Crop Science*. — 1989. — № 29. — P. 1029–1032 — DOI: 10.2135/cropsci1989.0011183X002900040041x.
15. Шмараев Г.Е. Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы / Г.Е. Шмараев, Г.В. Матвеева. — Ленинград: ВИР, 1985.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — Москва: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
17. ГОСТ Р 55986-2014. Силос из кормовых растений. Общие технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2014.
18. Михин А.М. Силосование в засушливой зоне / А.М. Михин. — Сталинград: Сталинградское книжное издательство, 1937. — 121 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kirkland R.M. The influence of grass and maize silage quality on apparent diet digestibility, metabolizable energy concentration and intake of finishing beef cattle / R.M. Kirkland, R.W.J. Steen, F.J. Gordon [et al.] // *Grass and Forage Science*. — 2005. — № 60. — P. 244–253. — DOI: 10.1111/j.1365-2494.2005.00472.x.
2. Ericsson K. Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach / K. Ericsson, L.J. Nilsson // *Biomass Bioenergy*. — 2006. — № 30. — P. 1–15. — DOI: 10.1016/j.biombioe.2005.09.001.
3. Phipps R.H. The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. 3. Food intake and milk production / R.H. Phipps, J.D. Sutton, D.E. Beever [et al.] // *Animal Science Journal*. — 2000. — № 71. — P. 401–409. — DOI: 10.1017/S1357729800055259.
4. Keady T.W.J. Effects of replacing grass silage with maize silages, differing in maturity, on performance and potential concentrate sparing effect of dairy cows offered two feed value grass silages / T.W.J. Keady, D.J. Kilpatrick, C.S. Mayne [et al.] // *Livestock Science*. — 2008. — № 119. — P. 1–11. — DOI: 10.1016/j.livsci.2008.02.006.
5. Kliem K.E. Effect of replacing grass silage with maize silage in the diet on bovine milk fatty acid composition / K.E. Kliem, R. Morgan, D.J. Humphries [et al.] // *Animal*. — 2008. — № 2. — P. 1850–1858. — DOI: 10.1017/S1751731108003078.
6. Khan N.A. Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows / N.A. Khan, T.A. Tewoldebrihan, R.L.G. Zom [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2012. — № 95. — P. 1472–1483. — DOI: 10.3168/jds.2011-4701.



7. Khan N.A. Causes of variation in fatty acid content and composition in grass and maize silages / N.A. Khan, J.W. Cone, V. Fievez [et al.] // *Animal Feed Science and Technology*. — 2012. — № 174. — № 3–45. — DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2012.02.006.
8. Coulter J. Selecting corn hybrids for silage production. University of Minnesota Extension / J. Coulter. — 2018. — URL: <https://extension.umn.edu/corn-hybrid-selection/selecting-corn-hybrids-silage-production> (accessed: 17.11.2025).
9. Wu J. Effects of Chilling Stress on Morphological, Physiological, and Biochemical Attributes of Silage Corn Genotypes during Seedling Establishment / J. Wu, M. Nadeem, L. Galagedara [et al.] // *Plants*. — 2022. — № 11 (9). — P. 1217. — DOI: 10.3390/plants11091217.
10. Rauf S. Induced Polyploidy: A Tool for Forage Species Improvement / S. Rauf, R. Ortiz, D.P. Malinowski [et al.] // *Agriculture*. — 2021. — № 11. — P. 210. — DOI: 10.3390/agriculture11030210.
11. Khatefov E.B. Semennaya produktivnost tetraploidnoi kukuruzy i puti yee povisheniya v usloviyakh Kabardino-Balkarii [Seed productivity of tetraploid corn and ways to increase it in the conditions of Kabardino-Balkaria] / E.B. Khatefov. — Saint Petersburg: Print Tsentr, 2012. — 393 p. [in Russian]
12. Khatefov E.B. Osnovnie napravleniya selektsii tetraploidnoi kukuruzy v Kabardino-Balkarii [The main directions of breeding tetraploid corn in Kabardino-Balkaria] / E.B. Khatefov, A.M. Kagermazov. — Nalchik: Poligrafservis i T, 2010. — 242 p. [in Russian]
13. Randolph L.F. Cytogenetics of tetraploid maize / L.F. Randolph // *Journal of Agricultural Research*. — 1935. — № 50. — P. 591–606.
14. Sockness B.A. Morphology and Yield of Isogenic Diploid and Tetraploid Maize Inbreds and Hybrids / B.A. Sockness, J.W. Dudley // *Crop Science*. — 1989. — № 29. — P. 1029–1032 — DOI: 10.2135/cropsci1989.0011183X002900040041x.
15. Shmaraev G.E. Izuchenie i podderzhanie obraztsov kolleksii kukuruzy [Study and maintenance of the maize collection accessions] / G.E. Shmaraev, G.V. Matveeva. — Leningrad: VIR, 1985. [in Russian]
16. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opita (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniy) [Methods of Field Experiment (With Bases of Statistical Processing of the Findings)] / B.A. Dospikhov. — Moscow: Agropromizdat, 1985. — 351 p. [in Russian]
17. GOST R 55986-2014. Silos iz kormovikh rastenii. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Silage from fodder plants. General specifications]. — Moscow: Standartinform, 2014. [in Russian]
18. Mikhin A.M. Silosovanie v zasushlivoi zone [Ensilaging in the arid zone] / A.M. Mikhin. — Stalingrad: Stalingrad Book Publishing House, 1937. — 121 p. [in Russian]