

Отбор клевера лугового на кормовые качества

Сара Абрамовна Бекузарова, Инна Артуровна Лекова, Лиана Мерабовна Келехсашвили
Владикавказский Научный Центр РАН, РСО-Алания, с. Михайловское, Россия
e-mail: inna.osennyaya@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований селекции клевера на кормовые качества в условиях РСО-Алании. На основании оценки исходного селекционного материала выявлено, что по качеству химический состав зеленой массы клевера изменяется в зависимости от климатических условий, содержание протеина – от фазы развития, года жизни, места произрастания и генотипа сорта. Сырой протеин повышается в зависимости от горной высоты. Установлены положительные корреляционные связи между содержанием протеина и такими признаками, как опушенность стеблей, облиственность, интенсивность рисунка листа, окраска листьев. Коррелирующие признаки зависят от сортовых особенностей и колеблются от слабых связей до тесных положительных. Сумма незаменимых аминокислот изменяется от места произрастания; содержание экстрагенных изофлавонов у дикорастущих форм ниже, чем у культурного сорта; селекция на низкое содержание изофлавонов не снижает показатели урожайности. Для отбора образцов с низким содержанием изофлавонов была проведена оценка селекционного материала. Учитывали их содержание в разных образцах и местах произрастания с учетом вертикальной зональности. Наши исследования показали, что в фазе полного цветения количество изофлавонов у дикорастущих форм зависит от места произрастания. В горных районах дикорастущие формы содержат изофлавонов на 0,09–0,25 % ниже, чем культурный сорт Осетинский. Следовательно, подбор дикорастущих форм с учетом вертикальной зональности обеспечит создание ценного исходного материала для селекции с низким содержанием изофлавонов.

Ключевые слова: клевер; селекция; отбор; кормовые качества.

Для цитирования: [Бекузарова С. А., Лекова И. А., Келехсашвили Л. М. Отбор клевера лугового на кормовые качества // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 20–24. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp20-24>.

AGRONOMY

Original article

Selection of red clover for fodder quality

Sara A. Bekuzarova, Inna A. Lekova, Liana M. Kelekhshashvili
Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, North Ossetia-Alania, Mikhailovskoye, Russia,
e-mail: inna.osennyaya@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of studies of clover breeding for fodder quality in the conditions of North Ossetia-Alania. Based on the assessment of the initial breeding material, it was revealed that the quality of the chemical composition of the green mass of clover undergoes variability depending on climatic conditions, the protein content of the test samples varies from the phase of development, year of life, place of growth and genotype of the variety. With the rise of the mountain height, the crude protein increases, positive correlations have been established between the protein content and the traits: pubescence of the stems, foliage, intensity of the leaf pattern, leaf color, the correlated traits depend on the varietal characteristics and range from weak to close positive, the amount of essential amino acids varies from habitats, the content of extragenic isoflavones in wild forms is lower than in the cultivated variety, selection for a low content of isoflavones does not reduce yields. In order to select samples with a low content of isoflavones, an evaluation of the breeding material was carried out. Their content in different samples and places of growth was taken into account, taking into account vertical zonality. Our studies have established that in the phase of full flowering, the amount of isoflavones in wild-growing forms depends on the place of growth. In mountainous areas, wild-growing forms contain isoflavones 0.09-0.25% lower than the cultivar Osetinsky. Therefore, the selection of wild-growing forms, taking into account vertical zonality, will provide a valuable source material for breeding with a low content of isoflavones.

Keywords: clover; selection; selection; fodder quality.

For citation: [Bekuzarova S. A., Lekova I. A., Kelekhshashvili L. M. Selection of red clover for fodder quality. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(10):20–24. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp20-24>.

Введение. Важным фактором создания высокопродуктивных сортов клевера лугового является высокое содержание белка, каротина, незаменимых аминокислот, низкое содержание клетчатки и экстрагенных изофлавонов. Установлено, что внешние факторы (особенно места произрастания) влияют на химический состав зеленой массы клевера. Это очень важно для селекционера.

При создании нового сорта по качественным признакам надо знать колебание каждого из них, а также его причины и граничные пределы. Амплитуда количественных колебаний у отдельных культур определяется не только внешними факторами, но и свойствами генотипа. От метеорологических и экологических условий зависит содержание большинства элементов зеленой массы клевера, в том числе бора, молибдена, марганца, железа, цинка, меди [2, 7].

Из климатических факторов, оказывающих значительное влияние на химический состав надземной массы, в первую очередь следует выделить влажность, количество осадков, температурный режим почвы, воздуха и др. [3–5]. Качественный состав определяется еще и условиями агротехники возделывания клевера (внесение удобрений, место в севообороте, сроки уборки на зеленый корм).





Цель исследований – отбор клевера лугового на кормовые качества на основании оценки исходного селекционного материала.

Методика исследований. Исследования проводили на экспериментальной базе Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного хозяйства (СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН) в 2019–2021 гг. В зеленой массе сортов клевера лугового на разных высотах определяли содержание протеина, каротина, клетчатки, аминокислот, витаминов, сахара в цветущих головках по известным методикам Всероссийского института кормов им. В. Р. Вильямса [7]. Исследуемые участки представлены лесными почвами и черноземом выщелоченным слабощелочным нейтральной реакции.

Исследовали следующие сорта:

отечественной селекции – Дарьял, Иристон 1, Иристон 3, Фарн, Владикавказский, Алан, Нарт Осетинский, Закарпатский местный, Носовский 4, Стендский ранний, Мироновский, Чуйский, Скиф-1, Черкесский улучшенный; британской селекции – Норсеман, Гранте; американской селекции – Фертеди М, Браниско, Лакеленд, Орбит, Кенстар, Арлингтон, Флория, Зеи. Также в опыт была включена дикорастущая форма клевера.

Результаты исследований. В наших опытах установлены различия качественных показателей в зависимости от укусов и фазы органогенеза. Максимальное количество протеина (26,23 %) содержал клевер луговой сорта Дарьял 1-го укуса в фазу стеблевания (табл. 1).

Таблица 1

Содержание протеина (% абс. сухого вещества) в разные сроки скашивания клевера (средние данные 2019–2021 гг.)

Сроки укуса	1-й укус	2-й укус
Стеблевание	26,23	19,66
Бутионизация	19,45	18,95
Начало цветения	18,42	17,68
Полное цветение	16,67	17,02

В предварительном сортоиспытании во 2-й год жизни новые сорта резко отличались по качественному составу в фазу цветения. Превосходство по содержанию протеина на 0,73–3,70 % имели сорта Алан (полученный методом массового отбора), Иристон 1, Иристон 3 и Фарн (метод создания сложногогибридных популяций). Эти же сорта выделяются по максимальным показателям каротина (кроме сорта Алан), низким содержанием клетчатки (кроме сорта Иристон 3). Это свидетельствует о том, что можно получать высокобелковые сорта не только методом контролируемого скрещивания, но и путем массового отбора, создания синтетиков.

В табл. 2 приводятся качественные показатели новых сортов, превысивших стандарт по протеину, каротину и содержанию сахара в цветущих головках.

Таблица 2

Качественные показатели сортов клевера лугового в предварительном сортоиспытании (2019–2021 гг.)

Сорт	Сухое вещество, %	Протеин, %	Каротин, мг/кг абс. сух. вещ.	Клетчатка, %	Сахар в цветущих головках, %
Владикавказский (стандарт)	15,42	18,44	3,37	24,71	4,94
Дарьял	15,67	17,41	7,42	24,53	4,80
Алан	13,57	20,17	4,47	20,75	7,99
Нарт	15,00	19,38	6,34	22,64	7,82
Иристон 1	15,02	23,19	7,42	20,00	7,51
Иристон 3	17,93	21,02	8,49	27,09	8,53
Фарн	16,81	21,46	6,82	21,86	7,90

Изучая внутривидовую изменчивость химического состава клевера лугового, максимальный выход питательных и биологических активных веществ у среднепоздних сортов наблюдался в фазу начала цветения, а у среднераннего – в фазу бутонизации. Известно, что качественные показатели у клевера с возрастом падают. Это объясняется снижением облиственности, как признака, коррелирующего с белковостью.

Сортовые и видовые различия по содержанию белка, аминокислот, глобулинов и других веществ в зависимости от климатических факторов описаны в работах многих ученых. Для полной оценки исходных образцов по качеству рекомендуется изучать их в различных условиях произрастания. Большинство авторов приходят к выводу, что качественные показатели являются наследственными генотипическими признаками [1, 6–10]. Мы отмечали сортовые различия в содержании протеина по годам жизни. Они колебались в зависимости от года жизни и изучаемого образца от 18,28 до 22,64 % (табл. 3).

Преимущество генотипических признаков в большей степени определяли по оценке сортового и видового разнообразия, чем под влиянием окружающей среды, что позволяет селекционерам более целенаправленно использовать исходный материал. Зная амплитуду количественных колебаний данного химического признака в пределах сортового различия, селекционер может подобрать исходные формы для гибридизации. Так, по нашим данным, у высокобелковых американских сортов Арлингтон, Кенстар и Орбит содержание протеина с учетом вертикальной зональности гор колебалось от 16,56 до 23,86 % (табл. 4). Этот показатель в любых условиях выше районированного сорта Осетинский на 0,08–4,40 %.

Содержание протеина в образцах клевера лугового, % абс. сухого вещества

Сорт	Содержание протеина	
	1-й год жизни	2-й год жизни
Осетинский (стандарт)	18,28	18,76
Закарпатский местный	19,58	19,57
Носовский 4	19,47	19,27
Стендский ран.	20,92	19,05
Фертеди М	22,64	22,03
Браниско	19,63	19,49
Лакеленд	22,53	19,89
Норсеман	20,01	19,36
Орбит	21,14	19,21

Таблица 4

Содержание протеина, % абс. сухого вещества, в сортах американской группы сортотипов на 2-й год жизни (2019–2021 гг.)

Сорт	Высота над уровнем моря, м					Коэффициент вариации, %
	600	900	1300	1600	2000	
Владикавказский (стандарт)	17,53	15,26	18,16	17,48	19,46	5,8
Арлингтон	20,47	18,34	18,64	19,32	21,31	3,2
Кенстар	18,02	16,56	19,02	20,46	23,86	7,8
Орбит	19,28	17,31	19,48	21,18	22,16	4,8

Изучение качественного состава (каротин, витамины и другие вещества) сортов различного эколого-географического происхождения показало, что проявление их наследственности также зависит от условий места произрастания. В наших исследованиях одни и те же сорта существенно отличались по содержанию протеина, каротина и клетчатки в разные метеорологические годы. Указанные в табл. 5 сорта превосходят сорт Осетинский по содержанию протеина в 2019 г. на 0,53–2,3 %, в 2020 г. – на 0,14–0,87 % и в 2021 г. – на 0,03–2,59 %. Превосходство сортов зарубежной селекции отмечено также по содержанию каротина и клетчатки.

Таблица 5

Содержание протеина, каротина и клетчатки в сортах клевера лугового 2-го года жизни (высота над уровнем моря 600 м)

Сорт	Протеин, % абс. сухого вещества			Каротин, г в 1 м ² абс. сухого вещества			Клетчатка, % абс. сухого вещества		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Осетинский (стандарт)	17,31	16,67	16,20	4,46	7,45	5,94	23,12	21,21	24,58
Флория	18,41	17,44	18,35	5,84	7,73	6,11	22,18	20,18	22,27
Зези	19,61	17,13	18,79	6,11	9,63	7,31	21,46	19,46	22,57
Гранте	17,84	16,84	16,23	6,48	8,57	7,28	20,18	19,02	24,34

Трехлетние исследования химического состава зеленой массы клевера выявили резкие различия по годам в зависимости от метеорологических условий. Так, сорт Осетинский имел показатель по протеину от 16,58 до 23,92.

Значительные различия отмечены и в изучаемых агроэкологических условиях. По результатам исследований установлена внутривариационная изменчивость по этому показателю (табл. 6). Наибольший коэффициент вариации (12,8–13,1 %) отмечен у сортов Владикавказский и Осетинский.

Таблица 6

Внутривариационная изменчивость содержания протеина в сортах клевера лугового (фаза цветения, 600–2000 м над уровнем моря)

Сорт	Объем выборки	Колебания протеина, % абс. сухого вещества	Коэффициент вариации, %
Осетинский	45	12,6–23,1	12,8
Дикорастущий	26	13,6–23,9	9,8
Владикавказский	38	12,9–25,1	13,1
Дарьял	47	14,1–25,6	9,3
Алан	23	13,1–24,6	10,8

По широкой внутривариационной изменчивости белка можно предположить, что отбор растений с высоким содержанием белка следует проводить индивидуально, т.е. с каждого растения и сорта в целом.

С целью ускорения селекционной работы ученые выявили корреляционные связи между фенотипическими признаками и высоким содержанием протеина. Это такие показатели, как хорошая облиственность, темно-зеленая окраска листа, отсутствие антоциановой окраски стебля и др. Нашими исследованиями установлены коррелятивные связи между признаками опушенности стеблей и высоким содержанием протеина (табл. 7).

Следует отметить, что корреляция признака облиственности и содержания протеина сочетается в большинстве случаев у сортов с высокой опушенностью стебля, преимущественно у образцов американской селекции.



Содержание протеина и опушенность стеблей сортов клевера лугового (2019–2021 гг.)

Сорт (происхождение)	Опушенность, балл	Содержание протеина, % абс. сухого вещества
Осетинский (стандарт)	1	19,86
Арлингтон (США)	5	21,80
Норсеман (Великобритания)	7	21,01
Гранта (Великобритания)	8	19,11

Примечание: $r = 0,79 \pm 0,11$ (коэффициент корреляции).

В коррелятивных связях мы также отмечаем сортовое разнообразие. Так, у сорта Мироновский содержание протеина коррелирует слабо с облиственностью и опушенностью стеблей, сильно – с интенсивностью рисунка (0,72) и темно-зеленой окраской листьев.

У клевера сорта Чуйский показатель высокобелковости сочетается слабо с опушенностью стеблей, средне с облиственностью, сильно с темно-зеленой окраской и интенсивностью рисунка листа. Установленные коррелятивные связи позволяют ускорить селекционный процесс путем отбора растений по фенотипическим признакам. Однако при отборе на высокобелковость следует учитывать сортовые особенности и зависимость признака от фаз органогенеза, метеорологических условий, агротехники. Учитывая особенности отбора по качеству, содержание протеина не является полноценным критерием для оценки кормов. Необходимо знать качественный состав этого показателя, в первую очередь состав незаменимых аминокислот (треонин, валин, метионин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, лизин, триптофан) и полузаменимых (гистидин, аргинин).

В селекции на качество выявлено, что изменчивость аминокислотного состава обусловлена сортовыми особенностями. Максимальное его количество содержится у сорта Скиф-1, сумма которого достигает 49–50 %. У лучших по продуктивности образцов этот показатель не превышает 35,8–37 г (табл. 8).

Таблица 8

Количество аминокислот в зеленой массе клевера лугового, г на 100 г абс. сухого вещества (2019–2021 гг.)

Сорт	Общая сумма аминокислот в зеленой массе клевера лугового	Сумма незаменимых аминокислот в зеленой массе клевера лугового	В % от общей суммы в зеленой массе клевера лугового
Осетинский (стандарт)	12,8	4,63	36,2
СКИФ-1	18,5	9,1	49
Закарпатский местный	14,9	5,52	37
Черкесский улучшенный	1,6	4,89	35,8

В наших исследованиях установлено, что аминокислотный состав у сортов клевера и дикорастущих форм в фазу цветения в разных экологических зонах изменяется в зависимости от места произрастания. Так, дикорастущий клевер на высоте 1700 м содержит на 5,2 % больше незаменимых аминокислот, чем в пределах высоты 900 м (табл. 9).

Таблица 9

Содержание незаменимых аминокислот в фазу цветения 2-го года жизни, % к белку, в протекание образцов клевера лугового (2019–2021 гг.)

Аминокислоты	Владикавказский (600 м)	Дикорастущий	
		900 м	1700 м
Треонин	4,9	4,8	4,8
Валин	6,9	6,7	6,8
Метионин	0,8	0,9	1,0
Изолейцин	4,9	4,7	4,8
Лейцин	10,2	9,5	9,8
Фенилаланин	5,2	4,8	5
Лизин	3,0	5,7	5,4
Гистидин	2,9	2,9	2,0
Аргинин	6,0	5,9	6,5
Сумма	44,9	40,9	46,1
Содержание белка, %	19,5	19,0	23,0

В настоящее время недостаточно изучен вопрос по качественному составу и количественному содержанию экстрагенных изофлаванов и их зависимость от сортового разнообразия, фаз органогенеза, возраста, погодных условий и т.д. Была проведена оценка селекционного материала с целью отбора образцов с низким содержанием изофлаванов. Учитывали их содержание в разных образцах и местах произрастания с учетом вертикальной зональности.

Нами установлено, что в фазе полного цветения количество изофлаванов у дикорастущих форм зависит от места произрастания. В горных районах дикорастущие формы содержат изофлаванов на 0,09–0,25 % меньше, чем культурный сорт Осетинский. Следовательно, подбор дикорастущих форм с учетом вертикальной зональности обеспечит создание ценного исходного материала для селекции с низким содержанием изофлаванов.





Заключение. На основании оценки исходного селекционного материала по качеству установлено, что химический состав зеленой массы клевера претерпевает изменчивость в зависимости от климатических условий и колеблется от 15,42 до 17,93 % сухого вещества, каротина – 3,37–9,63 мг/кг, клетчатки – 20,00–27,09 %, сахара в цветущих головках – 4,94–8,53 %.

Содержание протеина у испытуемых образцов изменяется от фазы развития, года жизни, места произрастания и генотипа сорта. Оно составляет 12,6–25,6 % при коэффициенте вариабельности 9,8–13,1 %. В зависимости от горной высоты сырой протеин увеличивается от 17,53–19,28 % на высоте 600 м до 19,46–23,86 % на высоте 2000 м над уровнем моря; коэффициент вариабельности составляет 3,2–5,8 %.

Установлены положительные корреляционные связи между содержанием протеина и такими признаками, как опушенность стеблей, облиственность, интенсивность рисунка листа, окраска листьев. Коррелирующие признаки зависят от сортовых особенностей и колеблются от слабых связей до тесных положительных.

Сумма незаменимых аминокислот изменяется от места произрастания и увеличивается от 40,9 % на высоте 900 м до 46,1 % на высоте 1700 м над уровнем моря.

Экстрагенных изофлавонов у дикорастущих форм меньше, чем у культурного сорта, на 70,54 мг/кг сухого вещества. Отбор на низкое содержание изофлавонов не снижает показатели урожайности.

Благодарность. Авторы выражают искреннюю благодарность автору, научному руководителю и вдохновителю данного исследования доктору сельскохозяйственных наук Бекузаровой С.А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекузарова С. А., Зарьянова З. А. Способ отбора растений клевера лугового с высокой семенной продуктивностью. Патент на изобретение RU 2695447 C1, 23.07.2019. Заявка № 2018109650 от 19.03.2018.
2. Селекция видов клевера на иммунитет в условиях РСО-Алании / И. А. Датиева [и др.] // Аграрная наука. 2019. № 5. С. 49–52.
3. Луценко Г. В., Бекузарова С. А. Экологическая селекция клевера лугового // Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр.; под ред. Ш. Б. Байрамбекова, С. Д. Соколова. Астрахань, 2018. С. 105–108.
4. Мазин А. М. Оценка сортов клевера лугового селекции смоленской госхоз в коллекционном питомнике. Технические культуры // Научный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1 (1). С. 24–29.
5. Писковацкая Р. Г., Макаева А. М. Селекция клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) на продуктивность и устойчивость в пастбищных травосмесях // Адаптивное кормопроизводство. 2017. № 4. С. 76–81.
6. The method of obtaining the original material for the selection of yellow clover under the conditions of the stavropol territory / N.S.Chukhlebova et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. P. 42004.
7. Allele frequency changes provide evidence for selection and identification of candidate loci for survival in red clover (*trifoliumpratense* L.) / A. Ergonet al. // Frontiers in Plant Science. 2019. T. 10. No. JAN. P. 718.
8. Vleugels T., Roldán-Ruiz I., Cnops G. Marker-assisted parentage analysis reveals high individual selfing rates in tetraploid red clover genotypes selected for seed yield // Plant Breeding. 2019. T. 138. No. 6. P. 947–957.
9. Biochemical and molecular responses during overwintering of red clover populations recurrently selected for improved freezing tolerance / A. Bertrand et al. // Plant Science. 2020. T. 292. P. 110–388.
10. Lazarev N. N., Kukharekova O. V., Kurenkova E. M. The resistance of white clover (*trifoliumrepens* L.) in grass mixtures with grasses in threecut cultivation // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. 2021. T. 22. No. 27–28. P. 1–8.

REFERENCE

1. Bekuzarova S. A., Zaryanova Z. A. Method for selection of red clover plants with high seed productivity. Patent for invention RU 2695447 C1, 07/23/2019. Application No. 2018109650 dated 03/19/2018. (In Russ.).
2. Kelekhshvili L. M., Farnieva K. Kh., Doguzova N. N., Gazdanova I. O., Bekuzarova S. A. Selection of clover species for immunity in North Ossetia-Alania / I. A. Datieva et al. Agricultural science. 2019;(5):49–52. (In Russ.).
3. Lushchenko G. V., Bekuzarova S. A. Ecological breeding of red clover In the collection: Modern technologies of cultivation of agricultural crops. Collection of scientific papers. Under the scientific editorship of Sh.B. Bairambekova, S. D. Sokolov. Astrakhan; 2018. P. 105–108. (In Russ.).
4. Mazin A. M. Evaluation of red clover varieties bred by the Smolensk state farm in the collection nursery. Industrial crops. Scientific agricultural journal. 2021;1(1):24–29. (In Russ.).
5. Piskovatskaya R. G., Makaeva A. M. Creeping clover (*trifoliumrepens* L.) breeding for productivity and resistance in pasture grass mixtures. Adaptive food production. 2017;(4):76–81. (In Russ.).
6. The method of obtaining the original material for the selection of yellow clover under the conditions of the stavropol territory / N.S.Chukhlebova et al. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. P. 42004.
7. Allele frequency changes provide evidence for selection and identification of candidate loci for survival in red clover (*trifoliumpratense* L.) / A. Ergonet al. Frontiers in Plant Science. 2019;10(JAN):718.
8. Vleugels T., Roldán-Ruiz I., Cnops G. Marker-assisted parentage analysis reveals high individual selfing rates in tetraploid red clover genotypes selected for seed yield. Plant breeding. 2019;138(6):947–957.
9. Biochemical and molecular responses during overwintering of red clover populations recurrently selected for improved freezing tolerance / A. Bertrand et al. Plant Science. 2020;292:110–388.
10. Lazarev N. N., Kukharekova O. V., Kurenkova E. M. The resistance of white clover (*trifoliumrepens* L.) in grass mixtures with grasses in threecut cultivation. Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. 2021;22(27–28):1–8.

*Статья поступила в редакцию 27.03.2022; одобрена после рецензирования 12.04.2022; принята к публикации 22.04.2022.
The article was submitted 27.03.2022; approved after reviewing 12.04.2022; accepted for publication 22.04.2022.*