

ПОДБОР ТЕТРАПЛОИДНЫХ РОДИТЕЛЬСКИХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИСХОДНОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КЛЕВЕРА ГИБРИДНОГО*

Э. С. Рекашус, кандидат сельскохозяйственных наук

А. М. Макаева

ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»,

г. Лобня Московской области, Россия, rekashus@mail.ru

Приведены результаты изучения в 2021 г. 13 тетраплоидных сортообразцов клевера гибридного (*Trifolium hybridum* L.) из Норвегии, Германии, Швеции, Дании, Канады, Латвии, Белоруссии и России по продуктивности воздушно-сухого вещества надземной массы и урожайности семян. Наблюдения и учеты выполняли в вегетационном опыте, заложенном в селекционно-тепличном комплексе Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса. Цель исследований — подобрать для скрещивания и дальнейшей селекционной работы наиболее продуктивные по надземной биомассе и урожайности семян тетраплоидные генотипы клевера гибридного из различных географических регионов. Критерием отбора перспективных сортообразцов для скрещивания было отклонение продуктивности их надземной биомассы и (или) урожайности семян более чем на 3 стандартных отклонения (σ) от соответствующего среднего арифметического показателя по опыту. Экспериментальные данные урожайности воздушно-сухого вещества надземной массы были распределены по нормальному закону, а урожайность семян — по показательному, что позволило использовать критическую величину 3σ в принятии селекционных решений. Средняя по опыту продуктивность воздушно-сухого вещества надземной биомассы составила 47 г/сосуд, $\sigma = 16$ г/сосуд. Средняя по опыту семенная продуктивность была равна 1,1 г/сосуд, а $\sigma = 0,9$ г/сосуд. По величине воздушно-сухой надземной биомассы 102 г/сосуд выделили сортообразец 56 (Тетраплоид, Республика Беларусь), а по урожайности семян — 42 (Агро, Норвегия). Данные варианты характеризовались отношением к стандарту Новатор 213 и 233 % по соответствующим показателям. Выделенные образцы признали перспективными для скрещивания с последующим изучением возможности сочетания высоких показателей кормовой и семенной продуктивности у гибридного потомства.

Ключевые слова: клевер гибридный (*Trifolium hybridum* L.), отбор, сортообразец, воздушно-сухое вещество, урожайность семян, вегетационный опыт, стандартное отклонение, нормальное распределение, показательное распределение.

Введение. Одним из следствий последних политических и военных событий на международной арене в непосредственной близости от

*Работа частично выполнена при финансовой поддержке гранта № 2021-0291-ФП5-0001 «Создание селекционно-семеноводческих и селекционно-племенных центров в области сельского хозяйства для создания и внедрения в агропромышленный комплекс современных технологий на основе собственных разработок научных и образовательных организаций».

государственной границы нашей страны явился массовый уход с отечественного рынка крупных транснациональных, в том числе сельскохозяйственных, компаний. Это освободит множество рыночных ниш, которые, безусловно, займут отечественные товаропроизводители. В этой связи особенно актуальным и своевременным является создание на базе ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» селекционно-семеноводческого центра, расширение сети опорных пунктов по всей территории страны, воссоздание системы элитного семеноводства [1]. В селекционной работе с любой культурой основополагающее и перспективное значение имеет создание исходного материала, отвечающего современному запросу на выведение сортов с высокой и стабильной урожайностью [2; 3]. В отрасли кормопроизводства, помимо кормовой продуктивности, урожайность семян является очень важным критерием в программах селекции, поскольку она имеет решающее значение для коммерциализации сортов на рынке [4]. Вместе с тем, по данным V. Paplauskiene и G. Dabkeviciene, урожайность семян клевера гибридного среди прочих агроморфологических параметров одна из наиболее изменчивых (коэффициент вариации равен 38,7–71,9 %) [5]. В селекции на продуктивность следует учитывать полигенную природу и низкую наследуемость обуславливающих ее признаков [6]. Однако увеличенная буферность генотипа, высокий уровень внутривидового гетерозиса и гомеостаза индуцированных тетраплоидов способствуют более высокому эффекту от их хозяйственного использования по сравнению с диплоидами [7]. Усилить его в процессе создания гибридов и сложногибридных популяций клевера розового позволяет подбор родительских пар из географически отдаленных регионов, при условии, что они наиболее урожайны и устойчивы к неблагоприятным условиям в данной местности [8; 9].

В связи с вышеизложенным **цель исследований** — подобрать для скрещивания и дальнейшей селекционной работы тетраплоидные генотипы клевера гибридного из различных географических регионов, значительно превосходящие среднепопуляционные показатели по биомассе и семенной продуктивности.

Методика и условия проведения опыта. В 2021 г. исследования выполняли в селекционно-тепличном комплексе ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в сосудах объемом 3 л, наполненных грунтом с содержанием гумуса 4,4 %, $pH_{КС1} = 6,5$, подвижных форм по Кирсанову: P_2O_5 — 691 мг/кг, K_2O — 263 мг/кг. Высеяли в трехкратной повторности по четыре растения в сосуд 13 тетраплоидных сортообразцов из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова и рабочей коллекции лаборатории селекции клевера ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»: Alpo (Норвегия), Eutetra (Германия), Frida и Tetra (Швеция), Otofte 4N и Meta Otofte (Дания), Тетра (Ка-

нада), Скриверский (Латвия), Тетраплоид Красавик (Республика Беларусь), а также отечественные Лужанин, НК и НФ. Сорт Новатор выбрали в качестве стандарта. Информацию о тетраплоидном характере исследуемых сортономеров взяли из литературных данных [8; 10; 11; 12; 13; 14]. Уровень плоидности сортономеров НК, НФ, а также сорта Новатор проверяли самостоятельно.

По три сосуда каждого сортообразца выращивали в изоляции от всех остальных сортообразцов. Между сосудами в пределах одного сортообразца было свободное опыление насекомыми. В конце вегетационного периода, при массовом созревании семян, в каждом сосуде сделали учет воздушно-сухого вещества надземной биомассы и урожайности семян. Критерием отбора перспективных сортообразцов для скрещивания было отклонение продуктивности их надземной биомассы и (или) урожайности семян более чем на 3 стандартных отклонения (σ) от соответствующего среднего арифметического показателя по опыту (M). Перед расчетом данных статистических параметров вариационные ряды проверили на соответствие нормальному закону распределения по критерию Колмогорова при критическом уровне значимости 5 % с помощью компьютерной программы Stadia 8.0/учебная согласно методическим указаниям [15]. В случае статистически значимого отклонения эмпирических данных от нормального закона для определения типа распределения применили рекомендации [16], дополненные поправками для малых выборок, изложенными в публикациях [17; 18].

Результаты исследований и их обсуждение. Эмпирическое распределение воздушно-сухой биомассы растений в сосудах не отличалось от нормального (фактический критерий Колмогорова 0,14). Это позволило нам использовать в селекционном алгоритме параметры M и σ , вычисляемые по формулам для нормального распределения (рис. 1).

Средняя по опыту продуктивность воздушно-сухого вещества биомассы составила 47 г/сосуд, стандартное отклонение — 16 г/сосуд. За пределами 3σ от средней арифметической продуктивности сортообразца 56 (Тетраплоид Красавик, Республика Беларусь) составила 102 г/сосуд.

При проверке гипотезы о распределении вариационного ряда семенной продуктивности по нормальному закону выяснилось, что она на высоком уровне значимости (0,09 %) отвергается. Построив взвешенный эмпирический ряд, мы установили, что эмпирическое распределение больше всего соответствует показательному (рис. 2). При проверке этого предположения с помощью критерия Колмогорова данную гипотезу приняли, поскольку фактическое значение критерия равнялось 0,17, что меньше теоретического значения 1,36 на уровне значимости 5 %.

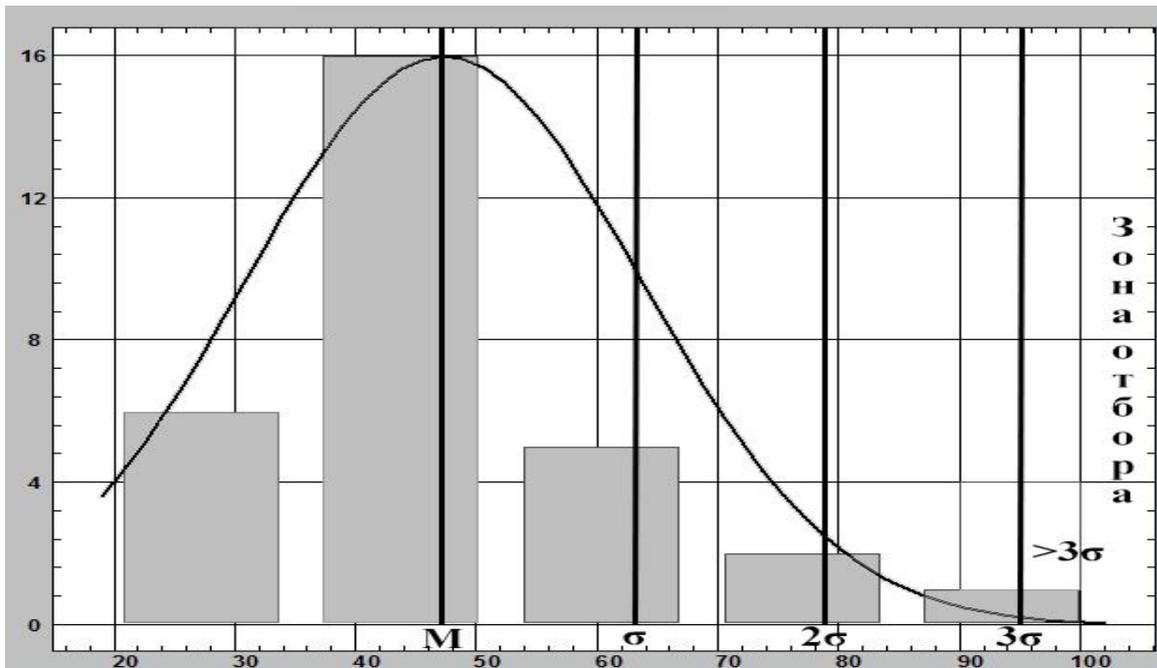


Рис. 1. Вариационный ряд и теоретическая кривая распределения продуктивности воздушно-сухого вещества надземной биомассы сортообразцов
 По оси абсцисс — интервалы продуктивности, г/сосуд.
 По оси ординат — число сортообразцов.

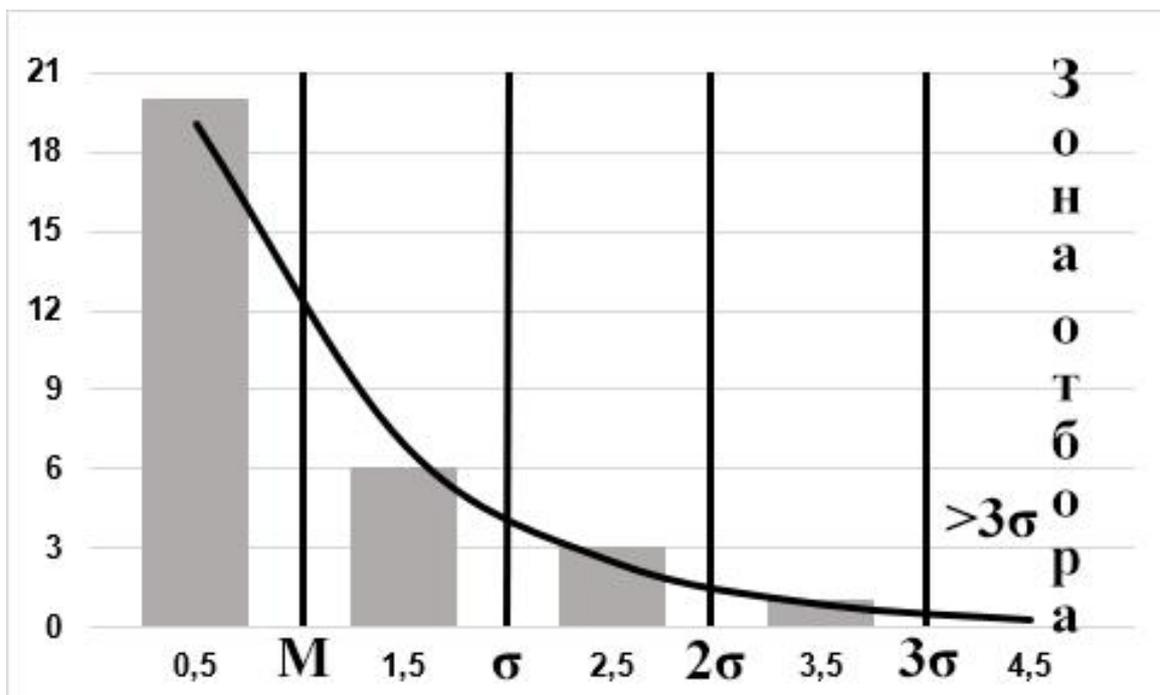


Рис. 2. Вариационный ряд и теоретическая кривая распределения семенной продуктивности сортообразцов, г/сосуд
 По оси ординат — число сортообразцов с указанной по оси абсцисс средней семенной продуктивностью.

Согласно Г. Н. Зайцеву [16], показательное распределение экспериментальных данных позволяет использовать параметры M и σ , вычисляемые для нормального распределения. В нашем случае средняя семенная продуктивность по опыту — 1,1 г/сосуд, а стандартное отклонение — 0,9 г/сосуд. Семенная продуктивность сортообразца 42 (Alro, Норвегия), 4,2 г/сосуд, оказалась за пределами трех стандартных отклонений от средней по опыту.

Хозяйственно ценные признаки выделенных сортообразцов сравнили с соответствующими средними значениями стандарта Новатор (таблица).

Таблица. Продуктивность воздушно-сухого вещества надземной биомассы выделенных сортообразцов и стандарта

Сортообразец	Воздушно-сухая надземная масса растений, г/сосуд	Семенная продуктивность, г/сосуд
Новатор (стандарт)	48	1,8
56 (Тетраплоид Красавик, Республика Беларусь)	102	1,0
42 (Alro, Норвегия)	71	4,2
Среднее по опыту	47	1,1
Стандартное отклонение	16	0,9

Из данных таблицы видно, что воздушно-сухая надземная масса стандарта близка к среднему значению по опыту, а семенная продуктивность на 63,6 % превосходит среднее значение по всем сосудам. Также обратили внимание на то, что критерий выделения сортообразцов по отклонению от среднего более 3σ является весьма строгим. Так, выделенный по продуктивности воздушно-сухой надземной массы сортообразец 56 (Тетраплоид Красавик, Республика Беларусь) характеризовался отношением к стандарту 213 %, а сортообразец 42 по семенной продуктивности — 233 %. При этом высокое значение воздушно-сухой надземной массы не было связано с высокими прибавками семенной продуктивности и наоборот. Сортообразец 42 (Alro, Норвегия) лучше сочетал в себе показатели кормовой и семенной продуктивности (они превышали стандарт), нежели сортообразец 56 (Тетраплоид Красавик, Республика Беларусь), у которого кормовая продуктивность значительно превалировала над семенной.

Вывод. На основании объективного селекционного критерия 3σ по продуктивности воздушно-сухого вещества надземной массы и урожайности семян выделили перспективные сортообразцы клевера гибридного для скрещивания, 56 (Тетраплоид Красавик, Республика Бела-

русью) и 42 (Alpo, Норвегия), с последующим изучением возможности сочетания высоких показателей кормовой и семенной продуктивности у гибридного потомства.

Литература

1. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25. – №. 4. – С. 401–407. – DOI: 10.18699/VJ21.044.
2. Выявление источников устойчивости к основным болезням у многолетних кормовых культур / Н. В. Разгуляева, Н. Ю. Костенко, Е. Ю. Благовещенская, Н. М. Пуца // Аграрная наука. – 2019. – № 1. – С. 71–74. – DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-71-74.
3. Тимошкина О. Ю., Тимошкин О. А. Селекция клевера ползучего в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 55–60. – DOI: 10.12737/2073-0462-2021-55-60.
4. Petrauskas G., Mikaliūnienė J., Norkevičienė E., Statkevičiūtė G., Kemešytė V. Breeding for improved seed yield of red clover // Breeding Grasses and Protein Crops in the Era of Genomics. – Springer, Cham, 2018. – pp. 96–100. – DOI: 10.1007/978-3-319-89578-9_17.
5. Bastryk-Hlodan L., Zhapaleu H., Levytska L. Initial material of hybrid clover (*Trifolium hybridum* L.) of various ecogeographical origins in the Carpathian region // Ukrainian Journal of Ecology. – 2021. – Vol. 11. – No. 8. – pp. 152–155. – DOI: 10.15421/2021_283.
6. Лепехов С. Б. Эффективность отбора в ранних поколениях гибридов сельскохозяйственных культур по урожайности и признакам продуктивности (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2018. – № 79(4). – С. 177–190. – DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-177-190.
7. Золотарев В. Н. Хозяйственно полезные признаки и особенности возделывания тетраплоидного сорта овсяницы луговой Бинара // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – № 2. – С. 31–43. – DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2021-2-31-43.
8. Основные виды и сорта кормовых культур (итоги научной деятельности центрального селекционного центра) / В. М. Косолапов, З. Ш. Шамсутдинов, Г. И. Ившин [и др.]. – М. : Наука, 2014. – 547 с.
9. Bekuzarova S. A., Kozyrev S. G., Kozyrev A. H., Lushchenko G. V., Gishkaeva L. S., Doeva A. T. Current method in the selection of legume grasses // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 677. – No. 4. – P. 042003. – DOI:10.1088/1755-1315/677/4/042003.
10. Корējais lauksaimniecības augu šķirņu katalogs // Eiropas LV Savienības Oficiālais Vēstnesis. – 2010. – С 337 A/01. – 660 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/PDF/?uri=CELEX:C2010/337A/01&from=FR> (дата обращения 08.07.2022).
11. Elliott C. R. Forage introductions. – No. NRG 72-16. – Northern research group Canada agriculture research branch research station, Beaverlodge, Alberta, 1972. – 23 p. URL: http://www.peaceforageseed.ca/pdf/crop_establishment_reports/1972FIREport.pdf (дата обращения: 08.07.2022).

12. *Trifolium hybridum* L. Meta Øtofte. – Nordic Baltic Genebanks Information System. URL:<https://www.nordic-baltic-genebanks.org/gringlobal/accessiondetail.aspx?id=1412> (дата обращения: 08.07.2022).
13. Писковацкая Р. Г., Макаева А. М. Использование экспериментальной полиплоидии и гибридизации при создании нового исходного материала клевера гибридного // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. Вып. 13(61). – М. : ООО «Угрешская типография», 2017. – С. 85–91.
14. Новый сорт клевера гибридного Фламинго / М. Н. Грипась, Е. Г. Арзамасова, Е. В. Попова, О. Л. Онучина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 3(52). – С. 10–14.
15. Кулаичев А. П. Методы и средства комплексного анализа данных : учебное пособие. 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017. – 512 с.
16. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М. : Наука, 1984. – 424 с.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е. – М. : Альянс, 2011. – 350 с.
18. Кузнецов С. М., Кузнецова К. С. Обоснование надежности работы машин и оборудования : учебное пособие. – Москва; Берлин: ДиректМедиа, 2020. – 163 с.

CHOOSING PARENTAL PAIRS FOR DEVELOPMENT INITIAL MATERIAL OF ALSIKE CLOVER

E. S. Rekašus, A. M. Makaeva

*The article presents the results of a study in 2021 of 13 tetraploid selective varieties of alsike clover (*Trifolium hybridum* L.) from Norway, Germany, Sweden, Denmark, Canada, Latvia, Belarus and Russia in terms of the productivity of air-dry matter of the standing crop and seed yield. The observations were carried out in a greenhouse experiment set up in the greenhouse complex of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology. The purpose of the research is to choose for crossing and further breeding work the most productive tetraploid clover genotypes from different geographical regions in terms of standing crop and seed yield. The criterion for selecting promising selective numbers for crossing was the deviation of the standing crop yield and (or) seed yield by more than 3 standard deviations (σ) from the corresponding arithmetic mean in the experiment. For experimental data on the yield of air-dry matter of the standing crop, a normal distribution was characteristic, and for seed yield, an exponential distribution. This made it possible to use the critical value of 3σ in making breeding decisions. The average productivity of air-dry matter of the standing crop is 47 g/vessel, $\sigma=16$ g/vessel. The average seed productivity is 1.1 g/vessel, and $\sigma=0.9$ g/vessel. According to the value of air-dry matter of the standing crop of 102 g/vessel, selective number 56 (cv. Tetraploid from the Republic of Belarus) was identified, and according to seed yield of 4.2 g/vessel, selective number 42 (cv. Alpo from Norway). They belonged to the productivity of Novator variety 213% and 233%, respectively. Selective numbers 56 and 42 are promising for crossing and studying the ability of offspring to combine high fodder and seed productivity.*

Keywords: *alsike clover (*Trifolium hybridum* L.), selection, selective number, air-dry matter, seed yield, greenhouse experiment, standard deviation, normal distribution, exponential distribution.*