

6. Cowling, W.A.; Huyghe, C.; Swiecicki, W. Lupin breeding. In *Lupins as Crop Plants: Biology, Production and Utilization*; Gladstones, J., Atkins, C.A., Hamblin, J., Eds.; CAB International: London, UK, 1998; pp. 93–120.

7. Abraham E. M. The Use of Lupin as a Source of Protein in Animal Feeding: Genomic Tools and Breeding Approaches [Electronic resource] / Eleni M. Abraham, I. Ganopoulos, P. Madesis, A. Mavromatis [and others.] <https://www.mdpi>.

8. Bunsupa, S.; Yamazaki, M.; Saito, K. Quinolizidine alkaloid biosynthesis: Recent advances and future prospects. *Front. Plant Sci.* 2012, 3, 239.

9. Hane, J.K.; Ming, Y.; Kamphuis, L.G.; Nelson, M.N.; Garg, G.; Atkins, C.A.; Bayer, P.E.; Bravo, A.; Bringans, S.; Cannon, S.; et al. A comprehensive draft genome sequence for lupin (*Lupinus angustifolius*), an emerging health food: Insights into plant-microbe interactions and legume evolution. *Plant Biotechnol. J.* 2017, 15, 318–330.

10. Nelson, M.N.; Moolhuijzen, P.M.; Boersma, J.G.; Chudy, M.; Lesniewska, K.; Bellgard, M.; Oliver, R.P.; Swiecicki, W.; Wolko, B.; Cowling, W.A.; et al. Aligning a new reference genetic map of *Lupinus angustifolius* with the genome sequence of the model legume, lotus japonicus. *DNA Res.* 2010, 17, 73–83.

IMPROVEMENT OF LUPINE BREEDING FOR ALKALOID CONTENT IN GRAIN

M.N. Kritsky, E.L. Dolgova, N.V. Anisimova, A.A. Kozlovsky, I.V. Yushkevich

The paper presents the results of breeding of narrow-leaved, yellow and white lupine for alkaloid content in grain. It is shown that, when creating lupine varieties, one of the important monitored indicators is low alkaloid content. Due to the research it was established that the sum of 3 alkaloids (lupanine, sparteine, lupinine) fluctuated from 0.016 to 0.055% with an average value of 0.027% in the grain of breeding and collection samples of lupine species, including narrow-leaved lupine samples from 0.016 to 0.037%, white - from 0.03 to 0.055%, yellow - from 0.045 to 0.05%. Improvement of traditional breeding methods for selecting lupine on low alkaloid content by using the marker analysis of genes, controlling the manifestation of the “seed alkaloid content” trait, made it possible to identify promising samples of narrow-leaved lupine.

УДК 633.321:631.559

КОРМОВАЯ И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ НОВОГО РАННЕСПЕЛОГО СОРТА КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ЯТВЯГ

Е. И. Чекель, Л. В. Володькина, А. А. Боровик, И. А. Черепок,
кандидаты с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 08.04.2025)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье приведены трехлетние результаты изучения конкурсного сортоиспытания клевера лугового по хозяйственно ценным признакам, высокой продуктивности сухого вещества и семян. Выделен перспектив-

ный сортообразец клевера лугового, который сформировал за три укоса урожайность зеленой массы в среднем за три года 989 ц/га, сухого вещества – 161,6 ц/га и превосходил контрольный сорт Працаўнік по урожайности зеленой массы на 100 ц/га (11,0 %), сухому веществу – на 20,7 ц/га (14,9 %). Новый сортообразец клевера лугового Ятвяг имеет высокую семенную продуктивность. Средняя урожайность семян за три года испытания составила 3,16 ц/га, относительно контроля Працаўнік 1,93 ц/га или на 1,23 ц/га (63,7 %) выше. Данный сортообразец прошел государственное сортоиспытание и районирован на территории Республики Беларусь в 2023 г.

Введение. Клевер луговой привлекает относительной неприхотливостью, теневыносливостью, способностью обогащать почву биологическим азотом [1]. Он формирует хорошую урожайность сухого вещества в первый год пользования, являясь удобным в фитоценотическом аспекте компонентом для большинства бобово-злаковых травосмесей. Введение его в полевые и луговые агроценозы позволяет повысить не только питательную ценность кормов, но и агро-энергетический коэффициент [2].

Основная задача селекции клевера лугового для полевого и лугового травосеяния – создание приспособленных к почвенно-климатическим условиям зоны возделывания сортов, обеспечивающих высокий урожай зеленой массы и семян. Отбор межсортowych гибридов клевера лугового способен воссоздать новые генетические источники с улучшенной семенной продуктивностью [3].

Условия и методика проведения исследований. Полевые опыты в естественных условиях и искусственном инфекционном фоне были расположены на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая, связносупесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины 0,5 м, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями: рН (в KCl) – 6,4–6,8, P_2O_5 – 280–300 мг/кг, K_2O – 240–260 мг/кг почвы, В – 0,81 мг/1 кг почвы, индекс окультуренности – 0,92.

Для создания генетического разнообразия использовался метод многоступенчатого скрещивания. При отборе морфобиотипов из полученного гибридного материала использовали три типа гетерозиса: соматический, репродукционный, адаптивный. На основе морфобиотипов, показавших высокий истинный и конкурсный гетерозис, обладающих высокой общей комбинационной способностью, формировались синтетические популяции. Из полученного разнообразия были отобраны морфобиотипы, способные формировать не менее трех укосов за вегетационный период. Параллельно проводился скрининг созданных селекционных номеров на искусственных инфекционных фонах клеверного рака и корневых гнилей. Формирование новых популяций осуществлялось через отбор морфобиотипов со сбалансированными ростовыми и репродукционными процессами. В работе по созданию нового сорта учитывались требования УПОВ для охраняемых сортов.

Агрометеорологические условия января 2016 г. для трав были сложными: высота снежного покрова на полях составляла не более 1–4 см при температуре свыше минус 20 °С. Однако хорошо развитые посевы многолетних трав выдержали отрицательные температуры, повреждений не наблюдалось. Условия до окончания зимовки складывались удовлетворительно. К концу первой декады марта почва оттаяла на полную глубину. Старые листья к середине месяца приобрели тургор, что является у многолетних трав началом вегетации.

В связи с недостаточным количеством осадков в апреле-мае урожайность клевера в первом укосе была значительно ниже ожидаемого – 210–276 ц/га зеленой массы и 31,1–40,8 ц/га сухого вещества (таблица 1). От начала отрастания до уборки первого укоса прошло 67 дней.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы и сухого вещества клевера лугового в питомнике конкурсного испытания 2016 г., ц/га

Сортообразец	I укос	II укос	III укос	Сумма	± к стандарту	
	1.06.	19.07.	19.08.		ц/га	%
Працаўнік (контроль)	<u>276</u> 40,8	<u>320</u> 45,7	<u>270</u> 38,5	<u>866</u> 125,0	-	-
ЛЕВ × Arimaiciai	<u>240</u> 35,5	<u>361</u> 51,6	<u>327</u> 46,7	<u>928</u> 133,8	+62 +8,8	+7,2 +7,0
Sadunai × ЛЕВ (Ятвяг)	<u>256</u> 37,8	<u>380</u> 54,3	<u>340</u> 48,6	<u>976</u> 140,7	+110 +15,7	+12,7 +12,6
Arimaiciai × ЛЕВ	<u>210</u> 31,1	<u>373</u> 53,3	<u>288</u> 41,1	<u>871</u> 125,5	+5 +0,5	+0,6 +0,4
НСП ₀₅	<u>23</u> 3,6	<u>35</u> 4,9	<u>29</u> 4,2	<u>89</u> 13,0		

Примечание: в числителе – урожайность зеленой массы, в знаменателе – сухого вещества.

Во втором укосе благодаря июльским дождям потенциал урожайности изучаемых сортов реализовался более полно, чем в первом укосе. На момент уборки травостой достигли высоты 70–75 см. Лучшим селекционным образцом, сформировавшим урожайность 380 ц/га, был Sadunai × ЛЕВ. Если в первом укосе стандарт имел небольшое превосходство над изучаемыми сортообразцами, то во втором укосе преимущество было за новыми созданными образцами. Второй укос формировался 48 дней.

После проведения второго укоса началось интенсивное отрастание клевера лугового, чему способствовали температурный и водный режимы. Третий укос формировался 31 день и был убран 19 августа. В 3-м, как и во втором укосе, более урожайными были Sadunai × ЛЕВ и ЛЕВ × Arimaiciai. В сумме за 3 укоса они превосходили стандарт по урожайности сухого вещества на 13 % и 7 %.

После проведения 3 укоса началось формирование сортообразцами 4-го укоса, который обеспечил накопление запасных питательных веществ на период зимовки 2017 г.

Агрометеорологические условия зимы 2017 г. для трав складывались удовлетворительно. Переход средней суточной температуры воздуха через 0°С осуществился 17–18 февраля, что более чем на месяц раньше обычного. Условия до окончания зимовки складывались удовлетворительно. К концу первой декады марта почва оттаяла на полную глубину, началось просыхание верхнего слоя. Старые листья приобрели тургор и стали разворачиваться молодые, что явилось в отчетном году возобновлением вегетации многолетних трав. Однако в дальнейшем, понижение ночных температур, образование небольшого снежного покрова, подмерзание верхнего слоя почвы сдерживали рост трав. К концу месяца средняя температура почвы на глубине 10 см составляла +3...+5°С. Почвенная микробиота была неактивной, клубеньки на корнях клевера были серыми. Растения испытывали азотное голодание.

Температурный режим апреля был неоднородным. Теплой была первая декада месяца. С середины апреля преобладал пониженный температурный режим.

Май характеризовался неустойчивым температурным режимом и дефицитом осадков. Несмотря на сложные агрометеорологические условия весны 2017 года, созданные новые сортообразцы клевера лугового смогли сформировать за 105 дней вегетации урожайность зеленой массы от 432 до 474 ц/га, сухого вещества от 61,6 до 67,7 ц/га (таблица 2).

На формирование второго укоса потребовалось 49 дней. В целом агрометеорологические условия июля благоприятствовали формированию урожая второго укоса, и он составил 370–416 ц/га зеленой массы и 62,2–69,9 ц/га сухого вещества. Третий укос достиг фазы начала цветения через 53 дня после уборки второго. Урожайность зеленой массы и сухого вещества были на одном уровне – 292–305 и 41,6–43,5 ц/га соответственно. В сумме за вегетацию урожайность сухого вещества по образцам также была на одном уровне – 171,5–174,9 ц/га.

Таблица 2. Урожайность зеленой массы и сухого вещества клевера лугового в питомнике конкурсного испытания 2017 г., ц/га

Сортообразец	I укос	II укос	III укос	Сумма	± к стандарту	
	2.06.	20.07.	13.09.		ц/га	%
Працаўнік (стандарт)	<u>474</u> 67,7	<u>370</u> 62,2	<u>292</u> 41,6	<u>1136</u> 171,5	-	-
ЛЕВ × Arimaiciai	<u>474</u> 67,7	<u>376</u> 63,2	<u>297</u> 42,1	<u>1147</u> 173,0	<u>+11</u> +1,5	<u>+1,0</u> +0,9
Sadunai × ЛЕВ (Ятвяг)	<u>432</u> 61,6	<u>416</u> 69,9	<u>304</u> 43,4	<u>1152</u> 174,9	<u>+16</u> +3,4	<u>+1,4</u> +2,0
Arimaiciai × ЛЕВ	<u>462</u> 66,0	<u>376</u> 63,2	<u>305</u> 43,5	<u>1143</u> 172,7	<u>+7</u> +1,2	<u>+0,6</u> 0,7
НСР ₀₅	<u>26</u> 3,7	<u>24</u> 4,0	<u>18</u> 3,9	<u>63</u> 7,1		

Примечание: в числителе – урожайность зеленой массы, в знаменателе – сухого вещества.

Метеорологические условия в период вегетации 2018 г. характеризовались повышенной температурой и неравномерностью выпадавших осадков. В первой декаде апреля среднесуточная температура воздуха превышала норму на 3,7 °С, в то время как количество атмосферных осадков было ниже в 2 раза к среднемноголетнему. Во второй и третьей декадах этого месяца температура воздуха была выше нормы соответственно на 4,0 и 2,0 °С. При этом вторая декада характеризовалась отсутствием атмосферных осадков, а в третьей декаде их количество было ниже нормы на 11,5 %. В первой декаде мая среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетний уровень на 6,0 °С при отсутствии атмосферных осадков. Во второй и третьей декадах этого месяца температура воздуха была на 1,9–2,9 °С выше нормы, а количество атмосферных осадков ниже ее в 1,7 раза. Первая декада июня была теплее, чем обычно на 0,6 °С и характеризовалась отсутствием атмосферных осадков. Во второй декаде этого месяца их количество было на 6,3 % выше нормы, в то время как среднесуточная температура воздуха превышала ее на 1,7 °С. Третья декада июня отличалась недостаточным увлажнением, и количество осадков за этот период было ниже среднемноголетнего уровня на 36,4 % при среднесуточной температуре воздуха примерно соответствующей норме. В первой декаде июля количество осадков превысило норму в 1,9 раза, а температура воздуха была ниже среднемноголетних значений на 1,6 °С. Вторая декада июля характеризовалась таким же интенсивным выпадением осадков, но температура воздуха при этом была выше среднемноголетних значений на 1,7 °С. В третьей декаде июля она превышала норму на 2,9 °С, в то время как количество атмосферных осадков было ниже нормы в 4,0 раза. Гидротермический коэффициент за указанный выше период составил 0,77 при среднемноголетнем уровне 1,66.

Несмотря на сложные агрометеорологические условия 2018 г. по осадкам, созданные новые сортообразцы клевера лугового смогли противостоять негативным явлениям и сформировали урожайность зеленой массы в первом укосе от 351 до 435 ц/га, сухого вещества – от 59,0 до 80,4 ц/га (таблица 3). Преимущество имел образец Ятвяг (гибридная комбинация Sadunai × ЛЕВ), который лучше других сортообразцов перезимовал и первым покрыл почву молодыми листьями. В связи с этим ресурс влаги им использован в начале вегетации лучше, чем другими образцами.

На формирование второго укоса потребовалось 46 дней. Агрометеорологические условия для формирования второго укоса складывались в начале отрастания неблагоприятно из-за дефицита осадков в июне, но июльские дожди улучшили водный режим почвы и второй укос по зеленой массе был близок к годам, благоприятным по осадкам. Как и в первом укосе, преимущество над стандартом по зеленой массе и сухому веществу имел сортообразец Ятвяг.

Дефицит осадков в августе – сентябре 2018 г. не позволил клеверу луговому заложить полноценный третий укос. Период его формирования составил 62 дня, а урожайность была в пределах 50–65 ц/га зеленой массы и 11,3–14,8 ц/га

сухого вещества. По сумме урожайности сухого вещества за период вегетации выделился сортообразец Ятвяг, превысив остальные образцы на 11,3–34,8 %.

Таблица 3. Урожайность зеленой массы и сухого вещества клевера лугового в питомнике конкурсного испытания 2018 г., ц/га

Сортообразец	I укос	II укос	III укос	сумма	± к стандарту	
	4.06.	20.07.	20.09.		ц/га	%
Працаўнік (стандарт)	<u>351</u> 59,0	<u>263</u> 55,2	<u>50.0</u> 11,3	<u>664</u> 125,5	-	-
ЛЕВ × Arimaiciai	<u>385</u> 67,8	<u>312</u> 68,1	<u>55</u> 12,4	<u>752</u> 148,3	<u>+88</u> +22,8	<u>+13</u> +18,1
Sadunai × ЛЕВ (Ятвяг)	<u>435</u> 80,4	<u>339</u> 74,0	<u>65</u> 14,8	<u>839</u> 169,2	<u>+175</u> +43,7	<u>+26</u> +34,8
Arimaiciai × ЛЕВ	<u>361</u> 63,7	<u>342</u> 74,7	<u>60</u> 13,6	<u>763</u> 152,0	<u>+99</u> +26,5	<u>+15</u> +21,1
НСР ₀₅	<u>28</u> 6,8	<u>21</u> 5,9	<u>4</u> 0,8	<u>57</u> 10,7		

Примечание: в числителе – урожайность зеленой массы, в знаменателе – сухого вещества.

Результаты конкурсного сортоиспытания за 2016–2018 гг. показывают, что лучшим по урожайности зеленой массы и сухого вещества является сортообразец Sadunai × ЛЕВ, впоследствии получивший название Ятвяг. Он сформировал в среднем за три года урожайность зеленой массы и сухого вещества 989 и 161,6 ц/га, превзойдя сорт Працаўнік на 11,3 и 14,9 % соответственно.

Урожайность семян клевера лугового в благоприятный 2017 г. достигала 4,49 ц/га, в неблагоприятные снижалась до 1,41 ц/га. Высокой и стабильной урожайностью семян отличался сорт Ятвяг (таблица 4).

Таблица 4. Урожайность семян клевера лугового в питомнике конкурсного сортоиспытания

Сортообразец	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее	± к стандарту	
					ц/га	%
Працаўнік (стандарт)	1,91	2,46	1,41	1,93		
ЛЕВ × Arimaiciai	2,32	3,68	1,58	2,53	+0,60	+31,1
Sadunai × ЛЕВ (Ятвяг)	2,80	4,49	2,19	3,16	+1,23	+63,7
Arimaiciai × ЛЕВ	2,22	3,73	2,00	2,65	+0,72	+37,3
НСР ₀₅	0,16	0,35	0,19			

Лучшим по комплексу признаков оказался сортообразец Sadunai × ЛЕВ (Ятвяг). Он обладает по отношению к стандарту и другим сортообразцам гармоничным вегетативным ростовым и генеративным процессом, что обеспечивает лучшее питание генеративных органов. Это дает больший выход полноценных семян и, как следствие, высокую семенную продуктивность. Средняя

урожайность семян за 3 года испытания составила 3,16 ц/га, что на 1,23 ц/га или 63,7 % выше сорта Працаўнік. С 2019 г. сорт проходил государственное сортоиспытание. В 2023 г. данный сорт районирован на территории Республики Беларусь.

Выводы

1. По результатам конкурсного сортоиспытания за 2016–2018 гг. сортообразец Sadunai × ЛЕВ с присвоенным ему названием Ятвяг сформировал за три укоса урожайность зеленой массы в среднем 989 ц/га, сухого вещества – 161,6 ц/га, превзойдя сорт Працаўнік на 11,3 и 14,9 % соответственно.

2. Сортообразец Ятвяг по сравнению с контрольным сортом и другими сортообразцами обладает правильным соотношением вегетативного ростового и генеративных процессов, что обеспечивает лучшее питание генеративных органов. Это обеспечивает больший выход полноценных семян и, в конечном итоге, высокую семенную продуктивность.

Литература

1. Bevz, S. Ya. Cultivation of legume-grain agrocenoses for the purpose of resource saving in forage production / S. Ya. Bevz, E. A. Toshkina // IOP Conference. Series: Earth Environmental Science. 6-th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. – 2020. – С. 1–4.
2. Степанов, А. Ф. Азотфиксирующая способность и урожайность многолетних бобовых трав в подтаежной зоне Западной Сибири / А. Ф. Степанов, С. Н. Александрова, С. Ю. Храмов // Вестник Омского ГАУ. – 2019. – № 1 (33). – С. 46–53.
3. Новоселов, М. Ю. Выявление и оценка генетических источников самосовместимости у клевера лугового для создания сортов с высокой и стабильной семенной продуктивностью / М. Ю. Новоселов, Л. В. Дробышева, Г. П. Зятчина // Кормопроизводство. – 2017. – № 4. – С. 21–24.

FODDER AND SEED PRODUCTIVITY OF THE MEADOW CLOVER NEW EARLY RIPENING VARIETY YATVYAG

E.I. Chekel, L.V. Volodzkina, A.A. Borovik, I.A. Cherepok

The paper presents the three-year results of the study of competitive variety testing of meadow clover in regard to economically important traits, high productivity of dry matter and seeds. A promising variety sample of meadow clover was identified, which formed green mass yield of 989 c/ha and dry matter yield of 161.6 c/ha, on average over three years. It exceeded the standard Pratsaunik variety in terms of green mass yield by 100 c/ha (11,0 %), dry matter - by 20.7 c/ha (14.9 %). The new variety sample of meadow clover Yatyag has high seed productivity. The average seed yield for the three years of testing was 3.16 c/ha, 1.93 c/ha relatively to the Pratsaunik standard, or 1.23 c/ha (63.7 %) higher. The variety sample underwent official variety testing and was recognized on the territory of the Republic of Belarus in 2023.