5. Результаты и перспективы селекции гибридов рапса озимого во ВНИИМК / Э. Б. Бочкарева [и др.] // Маслич. культуры. – 2018. – № 4. – С. 48–57.

6. Карпачев, В. В. Оценка комбинационной способности андроклинных линий ярового рапса в диаллельных скрещиваниях / В. В. Карпачев, И. О. Пастухов // Маслич. культуры. – 2017. – № 1 (169). – С. 40–42.

7. Турбин, Н. В. Диаллельный анализ в селекции растений / Н. В. Турбин, Л. В. Хотылева, Л. А. Тарутина. – Минск : Наука и техника, 1974. – 181 с.

8. Griffing, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems / B. Griffing // Austral. J. of Biol. Sciences. – 1956. – Vol. 9, № 4. – P. 463– 493.

9. Лукьяненко, П.П. Гетерозис в растениеводстве / П.П. Лукьяненко. – Л. : Колос, 1968. – С. 126-130.

10. Гужов, Ю. Л. Селекция и семеноводство культивируемых растений : учебник / Ю. Л. Гужов, А. Фукс, П. Валичек ; ред. Ю. Л. Гужов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Мир, 2003. – 536 с.

11. Мюнтцинг, А. Генетические исследования / А. Мюнтцинг. – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1963. – 148 с.

12. Rahman, M. H. Development of yellow-seeded Brassica napus of double low quality / M. H. Rahman, M. Joersbo // Plant Breed. – 2001. – P. 473-478.

13. Rasul I., Khan A.S., Ali Z. Estimation of heterosis for yield and some yield components in bread wheat. Int. J. Agri. Biol. 4(2) (2002): 214-216.

14. Омаров, Д. С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений / Д. С. Омаров // Сельскохозяйственная биология. – 1975. – Т. X, № 1. – С. 123-127.

15. Воскресенская, Г.С. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления / Г.С. Воскресенская, В.И. Шпота // Доклады ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1967. – №7. – С. 18-20.

HETEROSIS LEVEL AND TRANSGRESSIVE VARIATION OF F_1 AND F_2 HYBRIDS TRAITS IN SPRING RAPE BREEDING

Ya.E. Piliuk, A.N. Batiukova

The paper presents the results of the experimental studies on the assessment of heterosis effect in F1 hybrids of spring rape and transgressive variation in F2. It's established that for increasing the efficiency of breeding when making a scheme of diallelic crosses, it is necessary to select parental pairs without negative traits and with the largest number of positive ones in the maternal form.

УДК 633.853.494.321:631.526.32:631.524.8

ОЦЕНКА СОРТООБРАЗЦОВ РАПСА ЯРОВОГО ПО ПРИЗНАКУ «УСТОЙЧИВОСТЬ К ПОЛЕГАНИЮ»

Я.Э. Пилюк, *доктор с.-х. наук,* ***А.Н. Батюкова,*** *канд. с.-х. наук,*
А.В. Бакановская, О.А. Пикун, *научные сотрудники*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в печать 16.05.2025)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты изучения сортообразцов рапса ярового по признаку «устойчивость к полеганию» растений на про-*

вокационных фонах. Установлена корреляционная связь различной силы по всем изучаемым вариантам опыта между устойчивостью к полеганию и основными хозяйственно-ценными признаками рапса ярового. В средней степени коррелируют с устойчивостью к полеганию при норме высева 1,5 млн шт./га и дозами азота – N_{120} и N_{120+60} следующие признаки: масса 1000 семян (r=0,60 и r=0,55), число семян в стручке на центральной кисти (r=0,41 и r=0,50), число стручков на растении (r=0,35 и r=0,38) соответственно. Выявлено влияние факторов «генотип», «доза азота» и «норма высева» на урожайность маслосемян и показатель «устойчивость к полеганию» рапса ярового. На урожайность маслосемян рапса ярового в большей степени оказывали влияние факторы: «генотип» (С) (28,5 и 42,5 %), «доза азота» (В) (14,4 и 28,1 %) и «норма высева» (А) (12,5–9,5 %). Доля взаимодействия факторов «норма высева» (А) + «генотип» (С) в благоприятном 2022 г. составила 18,5 %, а в засушливом 2023 г. – 1,4 %.

Введение. Полегание – один из факторов, вызывающих снижение урожайности большинства сельскохозяйственных культур, который может уменьшить ее почти наполовину, особенно у высокопродуктивных сортов [1]. В целом, при раннем и интенсивном полегании теряется до 60 % урожая. Это обстоятельство резко снижает эффективность любых мероприятий по повышению биологической урожайности, особенно если учитывать, что полеганию в той или иной степени подвержены все зерновые культуры, в том числе при неблагоприятных условиях (сильный ветер, осадки) такие устойчивые растения как сорго, кукуруза и даже бамбук [2]. Полегание посевов рапса нарушает равномерность цветения и созревания, снижает завязываемость плодов и семян, массу 1000 семян и их качество, затрудняет механизированную уборку [3].

Анализ исследований многих ученых приводит к заключению, что полегание – это по существу физиологическая реакция растений на определенные условия внешней среды: недостаток света, структуру почвы, ее избыточную влажность, влажный с высокой температурой микроклимат воздуха, высокое содержание азота и других минеральных составляющих [4, 5]. Перечисленные факторы внешней среды считаются основными причинами полегания многих сельскохозяйственных культур. Немаловажную роль играют климатические и погодные условия, в том числе скорость ветра, дожди и град. В подтверждение такого вывода говорят факты массового распространения полегания во влажных районах с обильными естественными осадками. Повышение устойчивости к полеганию способствует увеличению урожайности за счет лучшего поглощения солнечной радиации, на что оказывает влияние архитектура стебля [2, 4]. Ученые G. Sidlauskas и Y. Liu предполагают, что внесение оптимальных доз азотных удобрений, корректировка нормы высева семян и расстояния между ними значительно снижают восприимчивость растений к полеганию [6, 7].

По мнению В. М. Терентьева, Г. Л. Зеленского и других авторов, устойчивость растений к полеганию – это наследственный признак [2, 8, 9]. Селекция на признак «устойчивость к полеганию» предполагает использование различ-

ных искусственно созданных (провокационных) фонов для изучения исходного и селекционного материала уже на ранних этапах селекционного процесса.

Цель наших исследований – изучение и оценка сортообразцов рапса ярового по продуктивности, устойчивости к полеганию и основным хозяйственно-ценным признакам с использованием различных искусственно созданных (провокационных) фонов.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2022–2023 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области. Технология возделывания ярового рапса на маслосемена – общепринятая для данной зоны. Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые и лабораторные учеты, анализ растений и маслосемян проводили согласно методике Государственного испытания (1988) [10], методике ВИР (1989 г.) [11] и методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) [11]. Оценку технологических качеств рапса проводили по общепринятым и усовершенствованным методикам. Объектом исследований служили контрольный сорт Топаз и перспективные сортообразцы ярового рапса селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», различающиеся по потенциалу продуктивности и устойчивости к полеганию.

Метеорологические условия в период исследований отличались от среднемноголетних показателей, особенно по количеству выпавших атмосферных осадков, но в целом складывались благоприятно для роста и развития растений ярового рапса. В течение весенне-летнего периода 2022 г. погодные условия характеризовались неравномерным распределением влаги в первой декаде мая и в первой и второй декадах июня. На фоне избытка осадков в апреле и во второй и третей декадах мая температура воздуха была ниже среднемноголетних показателей. В весенне-летний период 2023 г. наблюдался недостаток влаги, а лето было аномально жарким. В июне на фоне недостатка атмосферных осадков (18–49 % от нормы) среднесуточная температура воздуха была на 2,2–2,7 ºС выше среднемноголетних значений, дневная температура в июне и июле поднималась до 30 ºС и выше.

Устойчивость к полеганию и урожайность лучших образцов рапса ярового оценивали на провокационных фонах: при внесении азотных удобрений (N_{120} и N_{120+60}) и при норме высева 1,5 и 3,0 млн всхожих семян на гектар (схема представлена в таблице 1). Азотные удобрения вносили по следующей схеме: в предпосевную культивацию 120 кг/га д.в. и 60 кг/га д.в. в подкормку в фазу стеблевания.

Статистическая обработка данных проводилась по общепринятой методике с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты исследований и обсуждение. Исследованиями установлено, что наибольшую урожайность маслосемян все изучаемые образцы рапса ярового сформировали на фоне высева 1,5 млн всхожих семян на гектар и при внесении 180 кг/га д.в. азотных удобрений (38,1 ц/га). Лучшими среди них были сортообразцы 91/20 и 86/20, которые в среднем за 2022–2023 гг. сформировали

урожайность маслосемян 40,0 и 39,8 ц/га, что на 14,3 и 13,7 % выше контрольного сорта Топаз. Наибольшая устойчивость к полеганию растений (4,4 балла) наблюдалась при норме высева 1,5 млн/га и при использовании азотных удобрений в дозе 120 кг/га д.в.

Таблица 1. Урожайность и устойчивость к полеганию растений рапса ярового (среднее за 2022–2023 гг.)

Образец	Урожайность маслосемян, ц/га				Устойчивость к полеганию, балл			
	1,5 млн/га		3,0 млн/га		1,5 млн/га		3,0 млн/га	
	N_{120}	N_{120+60}	N_{120}	N_{120+60}	N_{120}	N_{120+60}	N_{120}	N_{120+60}
Топаз (к)	29,8	35,0	29,6	31,4	4,5	4,1	4,1	3,9
68/20	31,1	37,5	32,1	33,6	4,5	4,1	4,2	4,0
91/20	36,5	40,0	29,9	35,6	4,3	4,0	4,1	3,6
86/20	33,7	39,8	34,0	35,2	4,2	3,9	4,0	3,4
среднее ($\bar{x}$)	32,8	38,1	31,5	32,7	4,4	4,0	4,1	3,7

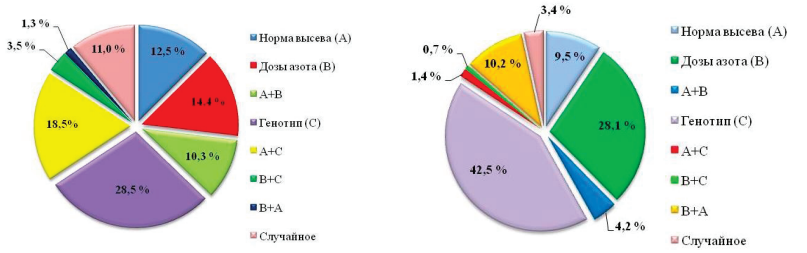
Для определения силы и направленности связи устойчивости к полеганию с основными хозяйственно-ценными признаками нами проводился корреляционный анализ полученных результатов. Выявлена корреляционная связь средней степени (вариант опыта 1,5 млн/га и N_{120}) между устойчивостью к полеганию рапса ярового и густотой стояния растений (r=0,54), также отрицательная корреляция средней силы отмечена с высотой растений (r=–0,49). Установлено, что в средней степени коррелируют с устойчивостью к полеганию при норме высева 1,5 млн/га и дозами азота N_{120} и N_{120+60} следующие признаки: масса 1000 семян (r=0,60 и r=0,55), число семян в стручке на центральной кисти (r=0,41 и r=0,50), число стручков на растении (r=0,35 и r=0,38) соответственно. По всем изучаемым вариантам опыта отмечена отрицательная корреляционная связь различной силы между устойчивостью к полеганию и урожайностью (r=–0,38…–0,80), а также высотой растений (r=–0,25…–0,49) (таблица 2). Между устойчивостью к полеганию и массой 1000 семян выявлена корреляционная связь сильной степени (r=0,86) и связь средней силы с числом семян в стручке (r=0,68) в варианте норма высева 3,0 млн/а и доза азота N_{120}. На провокационном фоне (при посеве с нормой высева семян 3,0 млн/га и при внесении азота N_{120+60}) установлена положительная корреляционная связь средней силы между устойчивостью к полеганию и массой 1000 семян (r=0,65) и слабая связь с числом стручков на растении (r=0,20), что объясняется полеганием культуры уже в фазе цветения из-за неблагоприятных погодных условий в этот период.

При помощи метода многофакторного дисперсионного анализа выявлено достоверное влияние доли факторов и их взаимодействие с урожайностью и устойчивостью к полеганию растений рапса ярового по схеме Н. А. Плохинского (%). Установлено, что на урожайность маслосемян рапса ярового в 2022 г. и 2023 г. в большей степени среди изучаемых вариантов оказывали влияние факторы «генотип» (С) (28,5 и 42,5 %), «доза азота» (В) (14,4 и 28,1 %) и «норма высева» (А) (12,5-9,5 %). Доля взаимодействия факторов «норма высева» (А) +

«генотип» (С) в 2022 г. составила 18,5 %, а в засушливом 2023 г. – 1,4 % (рисунок 1).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции основных хозяйственно-ценных признаков рапса ярового с устойчивостью к полеганию (среднее за 2022–2023 гг.)

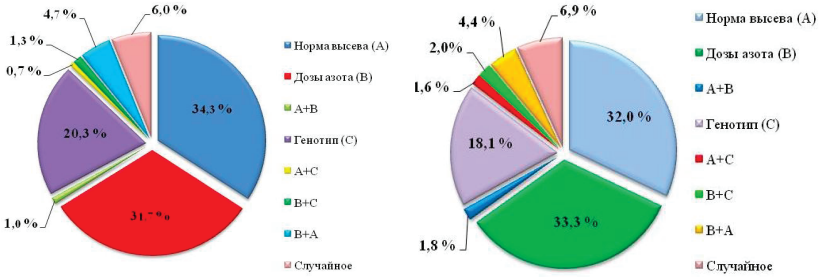
Коррелирующие признаки	Коэффициент корреляции, r			
	1,5 млн/га		3,0 млн/га	
	N_{120}	N_{180}	N_{120}	N_{180}
Высота растений	–0,49	–0,25	–0,34	–0,27
Число стручков на растении	0,35	0,38	–0,27	0,20
Число семян в стручке	0,41	0,50	0,68	–0,17
Масса 1000 семян	0,60	0,55	0,86	0,65
Густота стояния растений	0,54	0,40	–0,35	–0,64



2022 г. 2023 г.

Рисунок 1. Доля влияния факторов на урожайность рапса ярового

Исследованиями установлено, что в большей степени на показатель «устойчивость к полеганию» среди изучаемых вариантов в 2022г. и 2023 г. оказывают влияние факторы «норма высева» (А) (34,3 и 32,0 %) и «доза азота» (В) (31,7 и 33,3 %). Установлено, что на устойчивость к полеганию достаточно существенное влияние оказал «генотип» (С) – 20,3 и 18,1 % в зависимости от года исследований (рисунок 2).



2022 г. 2023 г.

Рисунок 2. Доля влияния факторов на устойчивость к полеганию рапса ярового

Выводы

1. При норме высева 1,5 млн/га и дозах азота N_{120} и N_{120+60} в средней степени коррелируют с устойчивостью к полеганию следующие признаки: масса 1000 семян (r=0,60 и r=0,55), число семян в стручке на центральной кисти (r=0,41 и r=0,50), число стручков на растении (r=0,35 и r=0,38).

2. На провокационном фоне при посеве с нормой высева семян 3,0 млн/га при внесении азота N_{120+60} выявлена положительная корреляционная связь средней силы между устойчивостью к полеганию и массой 1000 семян (r=0,65) и слабая связь с числом стручков на растении (r=0,20).

3. На урожайность маслосемян рапса ярового в 2022 г. и 2023 гг. в большей степени оказывали влияние факторы: «генотип» (С) (28,5 и 42,5 %), «доза азота» (В) (14,4 и 28,1 %) и «норма высева» (А) (12,5–9,5 %). Доля взаимодействия факторов «норма высева» (А) + «генотип» (С) в благоприятном 2022 г. составила 18,5 %, а в засушливом 2023 г. – 1,4 %.

4. На показатель «устойчивость к полеганию» в большей степени оказали влияние факторы «норма высева» (А) (34,3 и 32,0 %), «доза азота» (В) (31,7 и 33,3 %) и «генотип» (С) – 20,3 и 18,1 % соответственно по годам исследований.

Литература

1. Пилюк, Я. Э. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь /. Я. Э. Пилюк, О. А. Пикун, А. В. Бакановская // Рапс: настоящее и будущее : к 30-летию возделывания рапса в Беларуси : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 15–16 сент. 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию. – Минск, 2016. – С. 36-40.

2. Лукьянова, И. В. Анализ видовых и сортовых особенностей устойчивости стеблей злаковых культур к полеганию с учетом их физико-механических свойств и архитектоники для использования в селекции : автореф. дис. … д-ра биол. наук : 06.01.05 / И. В. Лукьянова ; Куб. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2008. – 51 с.

3. Карпачев, В. В. Рапс яровой. Основы селекции / В. В. Карпачев ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. и проект.-технол. ин-т рапса. – Липецк : ВНИПТИ рапса, 2008. – 236 с.

4. Setter, T. L. Lodging reduces yield of rice by self-shading and reductions in canopy photosynthesis / T. L. Setter, E. V. Laureles, A. M. Mazaredo // Field Crops Research. – 1997. – Vol. 49, № 2–3. – P. 95–106.

5. Федотов, В. А. Рапс России / В. А. Федотов, С. В. Гончаров, В. П. Савенков. – М. : Агролига России, 2008. – 328 с.

6. Sidlauskas, G. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (Brassica napus L.) / G. Sidlauskas, S. Bernotas // Agronomy Research. – 2003. – Vol. 1, № 2. – P. 229–243.

7. Energy concentration and amino acid digestibility in corn and corn coproducts from the wet-milling industry fed to growing pigs / Y. Liu [et al.] // J. of Animal Science. – 2014. – Vol. 92, № 10. – P. 4557–4565.

8. Терентьев, В. М. Физиология устойчивости растений к полеганию и методы е оценки / В. М. Терентьев // Физиология растений в помощь селекции : [сборник] / Акад. наук СССР, Науч. совет по проблемам физиологии и биохимии растений ; редкол.: А. А. Прокофьев, П. А. Генкель, Г. А. Самыгин. – М., 1974. – С. 108–123.

9. Li, F. A genome-wide association study of plant height and primary branch number in rapeseed (Brassica napus) / F. Li [et al.] // Plant Science. – 2016. – Vol. 242. – Vol. 169–177.

10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М.А. Федина. – М., 1988. – 121 с.

11. Методические указания по изучению мировой коллекции масличных культур / ВИР – СПб., 1976. –23 с.

12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов /. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

RESULTS OF STUDYING SPRING RAPE VARIETIES FOR THE TRAIT "RESISTANCE TO LOPPING" AGAINST PROVOCATIONAL BACKGROUNDS

Ya.E. Pilyuk, A.N. Batiukova, A.V. Bakanovskaya, O.A. Pikun

The article presents the results of studying spring rape variety samples for the trait plant "resistance to lodging" against provocative backgrounds. A correlation of varying strength between lodging resistance and the main economically important traits of spring rape is established for all the studied experimental variants. The following traits correlate on average with lodging resistance at a seeding rate of 1.5 million pcs./ha and nitrogen doses of N_{120} and N_{120+60}: 1000-grain weight (r=0.60 and r=0.55), number of seeds per pod (r=0.41 and r=0.50), number of pods per plant (r=0.35 and r=0.38), respectively. The influence of the "genotype", "nitrogen dose" and "seeding rate" factors on the yield of oilseeds and the "lodging resistance" indicator of spring rape is identified. The yield of spring rape oilseeds is mostly influenced by the following factors: "genotype" (C) (28.5 and 42.5%), "nitrogen dose" (B) (14.4 and 28.1%) and "seeding rate" (A) (12.5–9.5%). The share of the interaction of the factors "seeding rate" (A) + "genotype" (C) in favorable 2022 was 18.5%, and in dry 2023 - 1.4%.

УДК 633.521:631.524

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПО УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЛЬНОПРОДУКЦИИ

М. А. Литарная, *кандидат с.-х. наук,* ***В. З. Богдан***, *доктор с.-х. наук,*
Т. М. Богдан, *кандидат с.-х. наук,* ***С. А. Иванов***, *научный сотрудник*
РУП «Институт льна»

(Дата поступления статьи в редакцию 21.02.2025)

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

Аннотация. *В статье приведены результаты изучения 22 образцов коллекции льна-долгунца. Установлено влияние условий года на формирование показателей урожайности тресты и волокна, а также качество волокна. Выделены источники для практических целей селекции: л. Сальдо × Могилевский (BIL1081), л. Сальдо × Могилевский (BIL1083) (урожайность тресты); Рубеж,*