

УДК 577.1:633.34(631.527)

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ СОИ СЕЛЕКЦИИ СИБИРСКОГО НИИСХ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.А. Юсова,

кандидат сельскохозяйственных наук

А.М. Асанов,

кандидат сельскохозяйственных наук

Л.В. Омелянюк,

доктор сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «СибНИИСХ»

644012, г. Омск-12, проспект Королева, 26

Тел./факс: (3812) 77-68-87, 77-69-46

E-mail: sibniish@bk.ru

Для цитирования: Юсова О.А., Асанов А.М., Омелянюк Л.В. Урожайность и качество зерна сортов сои селекции Сибирского НИИСХ в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – Вып. 4 (172). – С. 18–24.

Ключевые слова: соя, сорт, линия, вариационный и корреляционный анализы, стабильность и адаптивность, белок, сырой жир.

Соя – наиболее важная зернобобовая культура во всем мире. Важнейшим резервом увеличения уровня и стабильности производства сои в стране является использование новых продуктивных сортов с улучшенными биохимическими характеристиками. Цель работы – оценить пластичность и стабильность сортов сои селекции Сибирского НИИСХ по качеству зерна и урожайности. В нашем исследовании на формирование как белковости, так и масличности зерна сои основное влияние оказывали условия выращивания (68,2 и 96,7 % соответственно) при высокой доле генотипа (26,6 %) в общей фенотипической изменчивости содержания белка. Содержание белка в зерне сои увеличивалось в годы с повышенной суммой температур за период вегетации ($r = 0,470$) и снижалось с превышением нормы суммы осадков ($r = -0,296$). Содержание сырого жира в зерне сои положительно реагировало на жаркую и влажную погоду ($r = 0,870$ и $0,610$). Учитывая обратную корреляцию урожайности как с суммой темпера-

тур ($r = -0,849$), так и с суммой осадков ($r = -0,307$), можно сделать вывод, что для формирования данных показателей качества и продуктивности необходимо оптимальное соотношение гидротермических показателей. Таким образом, наиболее благоприятные условия для формирования повышенного содержания жира сложились в 2012 г., белка – в 2014 г., урожайности – в 2011 и 2016 гг. Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью реакции среды (при $b_i > 1$, $\sigma^2_d < 1$) обладали сорта: Сибирячка, Омская 4, Золотистая (по урожайности и показателям качества), СибНИИСХоз 6 (масличность и урожайность), Эльдорадо, Черемшанка (белок), Дина (белок, урожайность).

UDC 577.1:633.34(631.527)

Yield and seed quality of soybean cultivar developed in the Siberian research institute of agriculture in the conditions of the southern forest-steppe of the Western Siberia.

Yusova O.A., PhD in agriculture

Asanov A.M., PhD in agriculture

Omel'yanyuk L.V., doctor of agriculture

“Siberian Research Institute of Agriculture”
 (“SibNIISKh”)

26, prospekt Koroleva, Omsk-12, 644012, Russia

Tel.: (3812) 77-68-87, 77-69-46

E-mail: sibniish@bk.ru

Key words: soybean, cultivar, line, variance analysis and correlation analyses, stability and adaptability, protein, crude fat.

Soybean is the most important leguminous crop around the world. The most important reserve for increasing the level and stability of soybean production in the country is usage of new productive cultivars with improved biochemical characteristics. The aim of this work is to evaluate the plasticity and stability of soybean cultivars developed at the Siberian Research Institute of Agriculture for the seed quality and yield. In our study, the formation of both soybean seed protein content and oil content were mainly influenced by the cultivation conditions (68.2% and 96.7%, respectively) alongside with a high genotype involvement (26.6%) in the overall phenotypic variability of protein content. Soybean grain seed content increased in the years with higher accumulated temperatures during the growing season ($r = 0.470$) and decreased at excess total precipitation ($r = -0.296$). Crude fat content in soybean seeds responded positively to hot and wet weather ($r = 0.870$ and 0.610). Taking into account the inverse correlations of yield with both accumulated temperatures ($r = -0.849$) and total precipitation ($r = -0.307$), it can be concluded that the optimum ratio of hydrothermal indexes is

required to form of these parameters of quality and productivity. The most favorable conditions for the formation of higher fat content were formed in 2012, protein content – in 2014, yield – in 2011 and 2016. High response to the improvement of environmental conditions and high stability of environment reaction (linear regression coefficient > 1 ; variety response stability value < 1) was found in the following cultivars: Sibiryachka, Omskaya 4, Zolotistaya (yield and quality parameters), SibNIISKhoz 6 (oil content and yield), Eldorado, Cheremshanka (protein content), and Dina (protein content, yield).

Введение. Современное состояние и перспективы развития животноводства наглядно свидетельствуют о том, что без увеличения производства зерновых и зернобобовых культур практически невозможно ликвидировать имеющийся дефицит кормового белка, успешно решить проблему создания полноценной и экономически эффективной кормовой базы. Наиболее доступный и дешевый – растительный белок зернобобовых культур, в частности, сои.

Соя – наиболее важная зернобобовая культура в мире. В последние годы в нашей стране интерес производителей к выращиванию высокобелковых культур растет, о чем свидетельствует ежегодное расширение посевных площадей под ними. Если в 2008 г. зернобобовые в России занимали 1 млн га, то в 2016 – до 2,60 млн га. При этом доля зернобобовых культур в общей площади посева зерновых увеличилась практически в два раза: с 2,2 % в 2008 г. до 4,4 % в 2013 г. [1]. Согласно докладу председателя Совета селекционеров в области растениеводства, к 2017 г. планировалось увеличить производство семян сои до 3,0 млн т [2]. В 2016 г. валовой сбор семян уже составил 3,2 млн т при средней урожайности 1,55 т/га.

Сильно выраженная континентальность климата основных сельскохозяйственных районов Сибири обуславливает повышенные требования к возделываемым сортам. Для Омской области необходимы сорта сои, пригодные к механизированной уборке, скороспелые, устойчивые к пониженным температурам,

высокопродуктивные, с повышенным содержанием белка и сырого жира в зерне [3].

Цель работы – оценить пластичность и стабильность сортов сои селекции Сибирского НИИСХ по качеству зерна и урожайности.

Материал и методы. Исследования проводились в 2011–2016 гг. на полях лаборатории селекции зернобобовых культур ФГБНУ СибНИИСХ (г. Омск), расположенных в южной лесостепи Западной Сибири.

Объектом исследований служили сортообразцы сои, предоставленные сотрудниками лаборатории селекции зернобобовых культур.

В ФГБНУ СибНИИСХ за период с 2000 по 2016 гг. в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации включены ценные высококачественные сорта сои: Дина (патент на селекционное достижение № 2055), Эльдорадо (патент № 5343), Золотистая (патент № 6862), Сибирячка (патент № 6897), с 2017 г. сорт Черемшанка. В опыте также использовались районированные сорта Омская 4, СибНИИК 315 и СибНИИСХоз 6.

Сорт Сибирячка с 2015 г. является основным стандартом в Госсортоиспытании по Омской области и в селекционных питомниках ФГБНУ «СибНИИСХ». Сорт широко возделывается в зонах степи и лесостепи Западной, Восточной Сибири и Урала.

Анализ образцов проводился в питомнике конкурсного сортоиспытания (КСИ), с последующей оценкой достоверности различий признаков. Аналитическая повторность – двукратная.

Определение биохимических показателей проводили с использованием современных и традиционных методов и технологий. Содержание азота в зерне определяли на автоматическом анализаторе “KjeltekAuto 1030 Analyzer” [4], сырого жира – в аппарате Сокслета по разности обезжиренного и необезжиренного остатка [5].

Математическая обработка данных проведена методами вариационного, корреляционного и двухфакторного дисперсионного анализов в изложении Б.А. Доспехова [6] в приложении Excel для ПК. Индекс условий окружающей среды (Ij), коэффициент линейной регрессии (bi) и величина стабильности реакции сортов (σ^2d) рассчитаны по методике Эберхарда и Рассела в изложении В.А. Зыкина [и др.] [7].

Результаты и их обсуждение. Климатические условия в годы проведения исследований были достаточно контрастными и довольно полно отражали особенности южной лесостепной зоны Омской области. Так, засушливые условия наблюдались в 2012, 2014 и 2015 гг. (ГТК = 0,69–0,80). Достаточным увлажнением отличались периоды вегетации 2011, 2013 и 2016 гг. (ГТК = 0,92–0,99).

Превышение среднеголетних данных по температуре наблюдалось в мае 2011, 2014–2016 гг. (+0,3...+2,8 °С к норме), июне 2011, 2012, 2014–2016 гг. (+0,6... +2,9 °С), июле 2012, 2015 и 2016 гг. (+0,3...+3,4 °С). Температура воздуха в августе существенно ниже среднеголетних данных в периодах вегетации 2011, 2013–2015 гг. (-0,8...-2,4 °С), на уровне – в 2012 г. и превышала среднеголетние данные в 2016 г. (+1,3 °С).

Достаточное увлажнение наблюдалось в мае 2012–2016 гг. (5,4–45 мм осадков), июне 2011, 2015 и 2016 гг. (27,3–96,2 мм), июле 2011, 2013–2016 гг. (27,3–108 мм) и августе 2011, 2013–2015 г. (21,0–68,6 мм). Остальные месяцы за указанный период исследований отличались засушливыми условиями (5,4–15,7 мм).

Согласно данным исследований, проведенных за период 2011–2016 гг., на формирование как белковости, так и масличности зерна сои основное влияние оказывали условия выращивания (68,2 и 96,7 % соответственно) при высокой доле влияния генотипа (26,6 %) в общей фено-

типической изменчивости содержания белка (табл. 1).

Таблица 1

Вклад факторов в изменчивость показателей качества зерна сои, %

2011–2016 гг.

Источник варьирования	Основные показатели качества зерна	
	содержание белка	содержание сырого жира
Влияние года (фактор А)	68,2	96,7
Влияние генотипа (фактор Б)	26,6	1,7
Взаимодействие (А × Б)	4,1	1,1
Остаточное	1,1	0,5

Погодные условия в период роста и развития растений, несомненно, оказывали существенное влияние на формирование основных показателей качества и продуктивности (табл. 2). Анализ сопряженности основных показателей качества зерна с погодными условиями показал, что содержание белка в зерне сои прямо пропорционально сумме температур ($r = 0,470$) и обратно пропорционально сумме осадков ($r = -0,296$). Содержание сырого жира в зерне сои было заметно выше при жаркой и влажной погоде ($r = 0,870$ и $0,610$ соответственно). Учитывая обратную корреляционную зависимость урожайности как от суммы температур ($r = -0,849$), так и от суммы осадков ($r = -0,307$), можно сделать вывод, что для формирования урожайности необходимо оптимальное соотношение погодных условий.

Таблица 2

Сопряженность основных показателей продуктивности и качества зерна с климатическими факторами

Признак	Сумма температур	Сумма осадков
Белок	0,470	-0,296
Сырой жир	0,870	0,610
Урожайность зерна	-0,849	-0,307

Приложение: критическое значение коэффициента при $P_{05} = 0,210$

На основании корреляционного анализа нами выявлена обратная зависимость

между урожайностью и качеством зерна. Так, урожайность обратно пропорциональна белковости зерна ($r = -0,538$). На данный факт обращали внимание многие исследователи. Ю.П. Мякушко установил весьма существенную отрицательную корреляцию между высоким содержанием белка в зерне и урожаем семян ($r = -0,24...-0,56$), что свидетельствует о значительных трудностях, которые надлежит преодолеть в селекции сои на высокий сбор белка с гектара [9]. Снижение качества продукции при повышении урожая можно объяснить тем, что при формировании урожая наблюдается нехватка питательных веществ, в том числе азота [10]. Причиной этой отрицательной связи может быть разбавление содержания белка в зерне иными запасными веществами при увеличении его биомассы [11]. Однако, согласно литературным данным, отрицательная сопряженность может быть устранена с помощью внесения азотных удобрений в наиболее важные для культуры фазы роста и развития – цветение и период налива зерна [12]. Также в наших опытах наблюдалась обратная сопряженность высоких белковости и масличности зерна ($r = -0,020...-0,470$).

За период исследований с 2011 по 2016 гг. наблюдалось незначительное варьирование по основным показателям качества ($CV = 1,6 \div 6,3 \%$), а также незначительное и среднее по урожайности ($4,1 \div 16,4 \%$). Это свидетельствует о слабом различии районированных сортов по указанным признакам и побуждает вести поиск новых перспективных линий.

Сравнительная оценка сортов показала, что содержание белка в зерне варьировало от 35,96 % (Эльдорадо) в 2011 г. до 43,86 % (Омская 4) в 2014 г. (табл. 3). Наименее благоприятные условия для формирования уровня белковости сложились в 2012 г. (38,71 % в среднем по опыту при минимальном индексе условий окружающей среды $I_j = -1,31$). Максимальное содержание белка в зерне наблюдалось в засушливом 2014 г. (41,99 % в среднем по опыту при $I_j = 1,97$).

Содержание сырого жира в зерне сои менялось от 14,12 % (СибНИИСХоз 6) в 2011 г. до 19,74 % (Омская 4) в 2012 г. Минимальная масличность наблюдалась в 2011 г. (14,69 % в среднем по опыту при $I_j = -1,95$) на фоне высоких температур в мае и июне и избыточного увлажнения в июне и июле. Максимальная масличность – в сухом 2012 г. (групповая средняя повысилась до 19,08 % при $I_j = 2,44$) при минимальной за годы исследований урожайности.

Урожайность зерна изменялась от 1,22 т/га (СибНИИСХоз 6) в 2012 г. до 3,89 т/га (Черемшанка) в 2016 г. Наиболее благоприятные условия для формирования повышенной урожайности складывались в 2011 и 2016 гг. (3,0 и 3,58 т/га в среднем по опыту при $I_j = 0,62$ и 1,00 соответственно), наименее благоприятные – в 2012 г. (1,49 т/га при $I_j = -0,90$).

Полученные данные еще раз доказывают отрицательную корреляцию как качества зерна с урожайностью, так и между самими показателями качества. Так, на фоне максимальной урожайности в 2011 и 2016 гг. наблюдалось снижение качества зерна. При максимальном содержании сырого жира в 2012 г. белковость зерна минимальна. При высоком содержании белка в 2014 г. урожайность и масличность зерна на уровне среднего.

Анализ коэффициентов регрессии по основным показателям качества зерна и урожайности показал следующие результаты:

1. Под влиянием улучшения условий выращивания увеличивали показатели качества зерна и урожайность, что соответствует интенсивному типу, следующие сорта: Сибирячка, Омская 4 (содержание в зерне белка, сырого жира), СибНИИСХоз 6 (масличность и урожайность), Эльдорадо (белок), Золотистая (сырой жир), при $b_i > 1$.

2. Группа с b_i от 0,96 до 1,06 включает сорта по следующим исследуемым признакам: Золотистая (белок, урожайность), Черемшанка (белок), Омская 4, Дина

Табл. 3

(урожайность). Коэффициент регрессии этих сортов близок к единице, что свидетельствует о полном соответствии показателей качества изменению условий выращивания.

3. Сорты данной группы характеризовались слабой реакцией перечисленных признаков на улучшение условий выращивания, что соответствует экстенсивному типу: СибНИИК 315 (по всем исследуемым показателям), СибНИИСХоз 6 (белок), Дина (белок, сырой жир), Эльдorado, Черемшанка (сырой жир, урожайность), при $b_i < 1$.

Исследуемые сорта являлись наиболее стабильными в меняющихся условиях окружающей среды (с минимальной по опыту степенью стабильности реакции $\sigma^2 d < 1$) по следующим показателям: СибНИИК 315, Дина, Черемшанка – по урожайности и показателям качества зерна, СибНИИСХоз 6 – по содержанию в зерне белка, Эльдorado – по содержанию сырого жира и урожайности.

Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью реакции среды (при $b_i > 1$, $\sigma^2 d < 1$) обладали: Сибирячка, Омская 4, Золотистая (по всем исследуемым признакам), СибНИИСХоз 6 (масличность и урожайность), Эльдorado, Черемшанка (белок), Дина (белок, урожайность).

Ежегодное выделение источников повышенного качества зерна и продуктивности имеет большое значение в селекции при создании новых, перспективных сортов зерновых культур, что отражено во многих научных работах [15].

Выводы. 1. На формирование как белковости, так и масличности зерна сои основное влияние оказывали условия выращивания (68,2 и 96,7 % соответственно) при высокой доле генотипа (26,6 %) в общей фенотипической изменчивости содержания белка.

2. Наиболее благоприятные условия для формирования повышенного содержания сырого жира сложились в 2012 г.,

белка – в 2014 г., урожайности – в 2011 и 2016 гг.

3. Наблюдается обратная сопряженность ($r = -0,020 \dots - 0,470$) белковости и масличности, а также урожайности и белковости зерна ($r = -0,538$).

4. Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью реакции среды (при $b_i > 1$, $\sigma^2 d < 1$) обладали районированные сорта по следующим показателям качества: Сибирячка, Омская 4, Золотистая (урожайность, качество зерна), СибНИИСХоз 6 (масличность и урожайность), Эльдorado, Черемшанка (белок), Дина (белок, урожайность).

Список литературы

1. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С. Зернобобовые культуры в экономике России // Земледелие. – 2014. – № 4. – С. 6–8.
2. Медведев А.М. Доклад председателя Совета селекционеров в области растениеводства // Информационный бюллетень. – 2006. – № 9–10. – С. 24–36.
3. Омелянюк Л.В. Селекция гороха и сои для условий Западной Сибири: дис. ...д-ра с.-х. наук: 06.01.05. – Тюмень, 2015. – 505 с.
4. Плешков Б.В. Практикум по биохимии растений; 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 255 с.
5. Ермаков А.И. [и др.]. Методы биохимического исследования растений; 3-е изд. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов); 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
7. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсова В.С., Кираев Р.С., Чаньшиев И.О. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений: методика и оценка. – Уфа, 2011. – 97 с.
8. Асанов А.М., Омелянюк Л.В. Итоги и перспективы селекции зернобобовых культур в СибНИИСХ // Сб. статей конференции «Сибирские ученые – агропромышленному комплексу». – Омск, 2000. – 34 с.
9. Мякушко Ю.П. Селекция сои на повышенную белковость // Физиолого-биохими-

ческие особенности зернобобовых культур. – Орел, 1973. – 281 с.

10. *Мирзаев Ш.Б., Азизов Б.М., Бердибаев Е.Ю.* Влияние некорневой подкормки на формирование продуктивных органов и урожайность зерна озимой пшеницы // Сб. науч. тр. «Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях». – ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2015. – С. 3.

11. *Calderinin D.F., Torres-Leon S., Slafer G.A.* Consequences of wheat breeding on nitrogen and phosphorus yield, grain nitrogen and phosphorus concentration and associated traits // *Annals of Botany*. – 1995. – 76. – P. 315–322.

12. *Feil D.* The inverse yield protein relationship in cereals: possibilities and limitation for genetically improving the grain protein yield // *Agronomy*. – 1987. – 1. – P. 103–119.

13. *Cramer T.* Environmental and genetic variation for protein content in winter wheat // *Euphytica*. – 1979. – 28. – 2. – P. 309–218.

14. *Bogard M.* [et al.]. Deviation from the grain protein concentration – grain yield negative relationship is highly correlated to post anthesis N-uptake in winter wheat // *Journal of Experimental Botany*. – 2010. – 61. – P. 4303–4312.

15. *Николаев П.Н.* Влияние норм высева на урожайность и качество зерна озимой ржи в условиях южной лесостепи Западной Сибири // *Аграрный вестник Урала*. – 2012. – № 2. – С. 11–12.

References

1. *Zotikov V.I., Naumkina T.S., Sidorenko V.S.* Zernobobovye kul'tury v ekonomike Rossii // *Zemledelie*. – 2014. – № 4. – С. 6–8.

2. *Medvedev A.M.* Doklad predsedatelya Soveta selektsionerov v oblasti rastenievodstva // *Informatsionnyy byulleten'*. – 2006. – № 9–10. – С. 24–36.

3. *Omel'yanyuk L.V.* Seleksiya gorokha i soi dlya usloviy Zapadnoy Sibiri: dis. ...d-ra s.-kh. nauk: 06.01.05. – Tyumen', 2015. – 505 s.

4. *Pleshkov B.V.* Praktikum po biokhimii rasteniy; 3-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 255 s.

5. *Ermakov A.I.* [i dr.]. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy; 3-e izd. – L.: Agropromizdat, 1987. – 430 s.

6. *Dospekhov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov); 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Kolos, 1979. – 416 s.

7. *Zykin V.A., Belan I.A., Yusova V.S., Kiraev R.S., Chanyshv I.O.* Ekologicheskaya plastichnost' sel'skokhozyaystvennykh rasteniy: metodika i otsenka. – Ufa, 2011. – 97 s.

8. *Asanov A.M., Omel'yanyuk L.V.* Itogi i perspektivy selektsii zernobobovykh kul'tur v SibNIISKh // *Sb. statey konferentsii «Sibirskie uchenye – agropromyshlennomu kompleksu»*. – Omsk, 2000. – 34 s.

9. *Myakushko Yu.P.* Seleksiya soi na povyshennuyu belkovost' // *Fiziologo-biokhimicheskie osobennosti zernobobovykh kul'tur*. – Орел, 1973. – 281 с.

10. *Mirzaev Sh.B., Azizov B.M., Berdiбаев E.Yu.* Vliyanie nekornevoy podkormki na formirovanie produktivnykh organov i urozhaynost' zerna ozimoy pshenitsy // *Sb. nauch. tr. «Aktual'nye voprosy razvitiya agrarnoy nauki v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh»*. – FGBNU «PNIIAZ», 2015. – С. 3.

11. *Calderinin D.F., Torres-Leon S., Slafer G.A.* Consequences of wheat breeding on nitrogen and phosphorus yield, grain nitrogen and phosphorus concentration and associated traits // *Annals of Botany*. – 1995. – 76. – P. 315–322.

12. *Feil D.* The inverse yield protein relationship in cereals: possibilities and limitation for genetically improving the grain protein yield // *Agronomy*. – 1987. – 1. – P. 103–119.

13. *Cramer T.* Environmental and genetic variation for protein content in winter wheat // *Euphytica*. – 1979. – 28. – 2. – P. 309–218.

14. *Bogard M.* [et al.]. Deviation from the grain protein concentration – grain yield negative relationship is highly correlated to post anthesis N-uptake in winter wheat // *Journal of Experimental Botany*. – 2010. – 61. – P. 4303–4312.

15. *Nikolaev P.N.* Vliyanie norm vyseva na urozhaynost' i kachestvo zerna ozimoy rzhi v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri // *Agrarnyy vestnik Urala*. – 2012. – № 2. – С. 11–12.