

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

Ключевые слова: *Glycine (L) Merr.*, сорт, белок, жир, урожайность, индекс условий окружающей среды, коэффициенты вариации, корреляции и линейной регрессии.

Введение

Одной из ключевых задач развития сельского хозяйства было и остается увеличение объемов производства растительного белка, важнейшим источником которого служат зернобобовые культуры [1]. В мировом земледелии соя является одной из наиболее востребованных зернобобовых и масличных культур. В 2007-2012 гг. максимальный вклад в предложение сои на российском рынке вносило производство. Валовой сбор сои в этот период возрос в среднем на 29% в год. Главной причиной роста показателя стало увеличение посевных площадей, а также создание новых сортов, характеризующихся повышенной урожайностью [2]. В России к 2017 г. планируется увеличить производство семян сои до 3,0 млн т, а посевные площади – до 2,7 млн га [3].

Сильно выраженная континентальность климата основных сельскохозяйственных районов Сибири обуславливает повышенные требования к возделываемым сортам. Для условий Омской области необходимы сорта сои, пригодные к механизированной уборке, скороспелые, устойчивые к пониженным температурам, высокопродуктивные, с повышенным содержанием белка и жира в семенах [4].

В **задачу** исследований входило: на основе многолетних данных конкурсного сортоиспытания выявить сорта сои (*Glycine (L) Merr.*), наиболее стабильные в условиях южной лесостепи Западной Сибири по урожайности и основным биохимическим характеристикам семян; выделить ценные образцы для использования в селекции на улучшение качества зерна.

Условия, объекты и методы

Исследования проводились в 2001-2011 гг. в трехпольном селекционном севообороте ГНУ СибНИИСХ, предшественник озимая рожь. Агротехника в опыте – принятая в регионе. В анализ включены результаты изучения в КСИ скороспелых сортов сои селекции

ГНУ СибНИИСХ, включенных в Реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию по Западносибирскому региону: Омская 4, СибНИИСХоз 6, Алтом, Дина и стандарт СибНИИК 315.

Биохимические показатели определяли в абсолютно сухой навеске. Размол зерна проводили на мельнице «Циклотек 1092». Содержание азота в зерне определяли на автоматическом анализаторе «KjeltekAuto 1030 Analyzer», жир – в аппарате Сокслета по разности обезжиренного и необезжиренного остатка [5].

Математическая обработка данных проведена методами вариационного, корреляционного и двухфакторного дисперсионного анализов по пособию Б.А. Доспехова в приложении Excel для ПК [6]. Индекс условий окружающей среды (I_j) и коэффициент линейной регрессии (b_i) рассчитаны по методике Эберхарда и Рассела в изложении В.А. Зыкина, В.В. Мешкова, В.А. Сапеги [7].

Результаты и их обсуждение

Погодные условия в годы проведения исследований были контрастными и достаточно полно отражали особенности климата южной лесостепной зоны Омской области. Вегетационный период (май – сентябрь) был умеренно влажным в 2001, 2002, 2003, 2005 гг. (ГТК = $1,0 \div 1,18$), избыточно увлажненным – в 2007 и 2009 гг. (ГТК = 1,75 и 2,10 соответственно). Засушливые условия наблюдались в 2004, 2006, 2008 и 2011 гг. (ГТК = $0,77 \div 0,90$) и очень засушливые – в 2010 г. (ГТК = 0,45).

Содержание протеина и масла в семенах сои сильно меняется в зависимости от уровня гидротермического обеспечения [8]. В нашем опыте на формирование белка в зерне сои наибольшее влияние также оказывали условия выращивания – 58,5%, но и доля генотипа в общей фенотипической изменчивости анализируемого показателя была высокой – 39,1% (табл. 1).

В зависимости от условий года доля белка в зерне менялась от 30,8% (Алтом) до 42,2% (Омская 4). Вегетационный период 2005 г., отличающийся повышенными температурами воздуха и достаточным увлажнением, был самым благоприятным ($I_j = +1,91$) для формирования белка в зер-

не сои – 40,8% в среднем по сортам (табл. 2). В 2002 г. холодная и дождливая погода в начале вегетации сои (июнь) и в период налива бобов (август) оказала негативное влияние на данный признак ($l_j = -6,51$), у исследуемых образцов содержание белка в зерне снизилось в среднем до 32,3%.

О генетической выравненности сортов по анализируемому признаку говорит низкая внутрисортная изменчивость его величины – $CV = 5 \div 6\%$. У наиболее высокобелкового в опыте сорта Омская 4 максимальное количество белка в зерне (около 42%) сформировалось в благоприятном 2005 г., избыточно увлажненном 2007 и засушливом 2011 гг. – при высоком положительном индексе условий окружающей среды (l_j от +1,31 до +1,91). В 2007 г. сорт СибНИИСХоз 6 превысил Омскую 4 на 0,8%, на уровне Омской 4 показал результаты сорт Дина в 2005 г. У стандарта СибНИИК 315 максимальное содержание белка в зерне наблюдалось в засушливом 2011 г. (40,2%), у сорта Алтом – в умеренно увлажненном 2003 г. (39,9%).

По результатам наших исследований наиболее стабильными в меняющихся условиях окружающей среды по содержанию в зерне белка являются сорта Алтом, Дина и СибНИИК 315 с минимальным по опыту коэффициентом линейной регрессии

($b_i = 0,90 \div 0,97$). Сорта Омская 4 и СибНИИСХоз 6 отзывчивы на данные изменения ($b_i = 1,04 \div 1,11$).

Наибольшая часть сои поступает в обрабатывающую промышленность для изготовления масла [2]. Из всех растительных масел соевое обладает самой высокой биологической активностью и усваивается организмом на 98% [9]. Поэтому селекция высокомасличных форм не теряет актуальности. Основное влияние на количество жира в зерне оказывали погодные условия периода вегетации – доля влияния года составляет 82,9% от общей фенотипической изменчивости признака, доля генотипа была достоверной, но значительно ниже – 15,9% (табл. 1).

В анализируемой выборке образцов внутрисортная вариабельность этого ценного биохимического показателя незначительна, т.к. коэффициент вариации (CV) не превышает 9%. Особенностью результатов, полученных в 2002 г., является сочетание минимального в опыте процента белка в зерне с максимальной долей жира на уровне 20% ($l_j = +2,82$). Очень засушливые условия в первую половину вегетации в 2011 г. и интенсивные осадки в период формирования генеративных органов отрицательно сказались на накоплении в семенах жира ($l_j = -2,44$) (табл. 3).

Таблица 1

Вклад факторов в изменчивость основных биохимических показателей в зерне сои, %

Источник варьирования	Биохимический показатель	
	содержание белка	содержание жира
Влияние года – А	58,5	82,9
Влияние генотипа – Б	39,1	15,9
Взаимодействие – АБ	1,9	1,2
Остаточное	0,5	0,0

Таблица 2

Содержание белка в зерне сортов сои, %

Год	Сорт					X_j	l_j
	Омская 4	СибНИИСХоз 6	Алтом	Дина	СибНИИК 315		
2001	39,60	39,00	35,90	38,60	38,20	38,26	-0,59
2002	33,60	32,30	30,80	32,90	32,10	32,34	-6,51
2003	41,00	39,90	39,90	40,80	38,70	40,06	+1,21
2004	40,50	39,70	38,50	40,30	39,30	39,66	+0,81
2005	42,00	41,30	38,80	42,00	39,70	40,76	+1,91
2006	38,40	39,00	36,00	41,10	37,20	38,34	-0,51
2007	42,00	42,80	38,10	39,83	38,27	40,20	+1,35
2008	40,60	40,60	37,50	39,77	38,27	39,35	+0,50
2009	41,53	39,95	37,03	39,35	38,83	39,34	+0,49
2010	40,36	39,34	37,02	39,41	38,11	38,85	+0,01
2011	42,20	41,10	36,97	40,28	40,22	40,15	+1,31
X_i	40,16	39,54	36,96	39,49	38,08	$38,85 = X_{ij}$	-
b_i	1,04	1,11	0,97	0,97	0,90	-	-
HCP_{05}	0,68					-	-

Таблица 3

Содержание жира в зерне сортов сои, %

Год	Сорт					Xj	lj
	Омская 4	СибНИИСХоз 6	Алтом	Дина	СибНИИК 315		
2001	18,10	17,90	19,10	18,00	18,60	18,34	+1,12
2002	20,10	20,00	20,60	19,70	19,80	20,04	+2,82
2003	17,20	16,10	17,80	16,90	17,90	17,18	-0,04
2004	18,40	18,30	18,40	17,50	18,30	18,18	+0,96
2005	17,20	17,40	17,50	16,30	17,60	17,20	-0,02
2006	17,50	17,20	17,40	16,00	17,30	17,08	-0,14
2007	16,20	15,70	17,10	15,47	16,40	16,17	-1,04
2008	16,50	16,10	16,70	15,43	15,97	16,14	-1,08
2009	15,83	16,01	16,44	14,78	17,05	16,02	-1,20
2010	18,78	18,26	18,56	17,40	18,64	18,33	+1,09
2011	14,68	14,12	15,00	15,13	14,95	14,78	-2,44
Xi	17,32	17,01	17,69	16,60	17,50	Xij=17,2	-
bi	1,03	1,08	1,01	0,97	0,92	-	-
HCP ₀₅	0,33					-	-

Таблица 4

Урожайность зерна сортов сои, т/га

Год	Сорт					Xj	lj
	Омская 4	СибНИИСХоз 6	Алтом	Дина	СибНИИК 315		
2001	2,79	2,78	2,97	2,64	2,68	2,77	+0,21
2002	1,81	1,94	2,07	2,16	1,88	1,97	-0,59
2003	2,43	2,38	2,36	2,74	2,42	2,47	-0,09
2004	2,75	2,42	3,27	2,33	2,42	2,64	+0,08
2005	2,83	2,70	3,01	2,55	2,81	2,78	+0,22
2006	2,21	1,72	3,00	1,95	2,17	2,21	-0,35
2007	3,13	2,24	3,16	2,54	2,89	2,79	+0,23
2008	2,55	1,48	3,06	2,33	2,31	2,35	-0,21
2009	2,32	2,56	3,55	2,99	2,27	2,74	+0,18
2010	2,55	2,11	2,57	2,34	2,60	2,43	-0,13
2011	2,80	2,96	3,45	2,99	2,90	3,02	+0,46
Xi	2,56	2,30	2,95	2,51	2,49	2,56=Xij	-
bi	0,96	1,22	1,08	0,83	0,91	-	-
HCP ₀₅	0,23					-	-

Таблица 5

Характеристика перспективных линий сои, среднее 2008-2012 гг.

Образец	Урожайность зерна, т/га	Содержание в зерне, %		Сбор с 1 га, т	
		белок	жир	белок	жир
СибНИИК 315, стандарт	2,27	38,80	17,06	0,88	0,38
Л 45/06 (♀ – СибНИИК 315)	2,63	38,52	17,60	1,01	0,46
Л 49/08 (♀ – СибНИИСХоз 6)	2,53	38,60	17,73	0,98	0,44
HCP ₀₅	0,21	0,53	0,30	-	-

Лучший в среднем за 2001-2011 гг. результат по масличности зерна среди исследуемых сортов показал сорт Алтом – 17,7%, но это выше стандарта СибНИИК 315 лишь на 0,2%. Согласно рассчитанному нами коэффициенту линейной регрессии наименее слабо реагируют на изменение условий окружающей среды сорта Дина и СибНИИК 315 ($b_i = 0,92 \div 0,97$); Омская 4, СибНИИСХоз 6 и Алтом более требовательны к условиям среды ($b_i = 1,01 \div 1,08$).

Выявленная нами стабильно высокая отрицательная корреляция между содержанием в зерне сои белка и жира ($r = -0,55 \div$

0,77) подтверждает результаты многих исследователей [8-10].

Средняя по опыту урожайность зерна составила 2,56 т/га, лучший результат у наиболее позднеспелого из реестровых сортов Алтом – 2,95 т/га (табл. 4). Максимальная урожайность наблюдалась в условиях 2011 г. (3,02 т/га) при $l_j = +0,46$; минимальная – в 2002 г. (1,97 т/га) при $l_j = -0,59$. Также высокоурожайными были: 2007 г. – для сортов Омская 4 (3,13 т/га) и СибНИИК 315 (2,89 т/га), 2009 г. – для сортов Алтом (3,55 т/га) и Дина (2,99 т/га). Коэффициент вариации анали-

зируемого показателя в зависимости от условий выращивания у сорта СибНИИСХоз 6 близок к значительному ($CV = 19,9\%$), у всех остальных сортов изменчивость признака средняя ($CV = 12 \div 15\%$).

Нами установлено, что сорта Омская 4, Дина и СибНИИК 315 являются стабильными по урожайности ($b_i = 0,83 \div 0,96$), а сорта СибНИИСХоз 6 и Алтом требовательны к условиям среды ($b_i = 1,08 \div 1,22$).

Очень важным объектом изучения являются корреляционные отношения урожайности с показателями качества. Согласно нашим исследованиям наблюдается прямая зависимость уровня урожайности с содержанием белка в зерне ($r = 0,24 \div 0,80$) и обратная – с содержанием жира ($r = -0,29 \div -0,76$).

В селекционной работе с соей в ГНУ СибНИИСХ основным методом при создании исходного материала является гибридизация с подбором пар для скрещивания географически отдаленных форм, обладающих положительными признаками. В комбинациях одним из компонентов, как правило, используются скороспелые сорта и линии сибирской селекции [4]. Исследования показали, что сорта Омская 4, СибНИИСХоз 6, Дина являются источниками повышенного содержания белка; Алтом и СибНИИК 315 – высокой масличности зерна. Перспективный гибридный материал, созданный с использованием этих образцов, изучается во всех селекционных питомниках. Анализ данных КСИ, полученных в 2008-2012 гг., показал, что линии Л 45/06 и Л 49/08, созданные с участием самых скороспелых из районированных в 10-м регионе сортов СибНИИК 315 и СибНИИСХоз 6, имеют не только достоверные преимущества перед стандартом по урожайности семян, но и лучшую масличность (табл. 5). А по сбору белка с 1 га превосходят сорт СибНИИК 315, соответственно, на 15 и 11%, по жиру – на 20 и 16%.

Выводы

1. На содержание в зерне сои как белка, так и жира в основном оказывали влияние условия выращивания, но и доля вклада генотипа в содержание в зерне белка достоверно высокая. Сопряженность между этими показателями качества зерна высокая отрицательная.

2. Корреляционная связь урожайности с содержанием в зерне белка положительная и меняется в зависимости от условий выращивания от слабой до сильной, с содержанием жира – отрицательная, от слабой до сильной.

3. Сорта Дина и СибНИИК 315 наименее чувствительны к изменениям условий окружающей среды, т.к. сравнительно стабильны по урожайности, содержанию в зерне белка и жира; сорт Омская 4 стабилен только по урожайности, сорт Алтом – только по белковости зерна.

4. Ценными образцами для использования в селекции на улучшение качества зерна сои являются: Омская 4, СибНИИСХоз 6, Дина – на увеличение содержания белка; Алтом и СибНИИК 315 – на высокую масличность зерна.

Библиографический список

1. Бойко А.Т., Карягин Ю.Г. Соя – высокобелковая культура. – Алматы, 2004. – 22 с.
2. Бельштина М.Е. Анализ и перспективы производства сои в России и мире // Кормопроизводство. – 2013. – № 7. – С. 3-6.
3. Медведев А.М. Доклад председателя Совета селекционеров в области растениеводства // Информационный бюллетень. – 2006. – № 9-10. – С. 24-36.
4. Программа работ селекционного центра Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства на период 2011-2030 гг. / Рос. акад. наук. Сиб. регион. отд-ние. СибНИИСХ; под ред. чл.-кор. РАСХН Р.Н. Рутца. – Новосибирск, 2011. – 203 с.
5. Плешков Б.В. Практикум по биохимии растений. – Изд. 3-е, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 255 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – Изд. 6-е, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Зыкин В.А., Мешков В.В., Сапега В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. – Новосибирск, 1984. – 24 с.
8. Dombos D.L., Miller R.E. Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature // J. Amer. Oil Chem. Soc. – 1992. – № 3 (69). – P. 228-231.
9. Вишнякова М.А., Бурляева М.А., Сеферова И.В. и др. Исходный материал для современных направлений селекции сои в коллекции ВИР // Генетические ресурсы Дальнего Востока. – Владивосток, 2004. – С. 65-70.
10. Мякушко Ю.П. Селекция сои на повышенную белковость // Физиолого-биохимические особенности зернобобовых культур. – Орел, 1973. – С. 281.

