

Селекционные пути оптимизации структуры листового аппарата сои в засушливых регионах

В.Е. Розенцвейг,

канд. биол. наук

Д.В. Голоенко,

канд. биол. наук

ООО «ЭкоНива-Семена»

397926, Воронежская область, Лискинский район,

с. Щучье, ул. Советская, д. 33

Тел.: (930) 417 99 05

E-mail: vladislav.rozentsveig@ekoniva-apk.com

Для цитирования: Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В. Селекционные пути оптимизации структуры листового аппарата сои в засушливых регионах // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 2 (186). – С. 24–30.

Ключевые слова: соя, селекция, модель сорта, засухоустойчивость, индекс листовой поверхности, ветвление.

Одним из основных факторов, лимитирующих урожайность сои, является влагообеспеченность. Происходя из региона с муссонным климатом, соя не обладает эффективными механизмами ограничения прироста листовой поверхности и склонна к формированию избыточной площади листьев, что приводит к нежелательному повышению транспирации. Для снижения площади листьев обычно предлагают ограничить ветвление (и соответственно облиственность) растения. Однако поскольку ветвление является в целом селекционно-полезным признаком, способствующим стабилизации урожайности, нами были предприняты поиски альтернативного пути снижения площади листьев. Структура листового аппарата сои изучалась в питомнике исходного материала в условиях Курской области. Нами была уточнена экспресс-методика расчёта площади тройчатосложного листа сои. Коэффициент регрессии площади сложного листа сои на произведение длины и ширины центрального листочка характеризует форму листовой пластинки и зависит от отношения её длины к ширине. Площадь сложного листа в изученной выборке варьировала от 79 до 150 см². Индекс площади листьев варьировал от 4,0 до

8,6 м²/м² при оптимуме 6,0 м²/м². Избыточная площадь листьев (более 7,7 м²/м²) снижала урожайность на 20 %. Оптимальная площадь листьев может быть сформирована путём различных сочетаний площади листа и числа листьев на растении. Выявлены генотипы, сочетающие хорошее ветвление с мелкой листовой пластинкой, что позволяет им оставаться в пределах оптимального индекса площади листьев. Поэтому в качестве альтернативного пути селекции может быть предложено уменьшение размеров листовой пластинки, что позволит разрешить конфликт ветвления и засухоустойчивости.

UDC 633.853.52:631.52

Breeding strategies for soybean canopy structure optimization in dry regions.

V.E. Rosenzweig, PhD in biology

D.V. Goloenko, PhD in biology

EkoNiva-Semena LLC

33 Sovetskaya str., Schuch'ye, Liski distr., Voronezh

reg. 397926 Russia

Phone: +7 930 4179905

E-mail: vladislav.rozentsveig@ekoniva-apk.com

Key words: soybean, breeding, cultivar model, drought tolerance, leaf area index, branching.

Water supply is one of the key factors limiting soybean yield. Coming from the monsoon climate region, soybean lacks effective means of leaf surface growth restriction and is prone to produce excessive leaf area that leads to undesirable transpiration increase. Reducing branching rate and, correspondingly, leaf number per plant is usually proposed to decrease leaf area. However, as far as branching ability is generally a useful trait contributing to yield stability, we have undertaken a search for possible alternative ways of leaf area reduction. Soybean canopy structure was studied in our germplasm nursery in Kursk region. We have updated an express method of soybean trifoliolate leaf surface calculation. A regression index for soybean trifoliolate leaf surface by central leaflet length and width product characterizes leaflet shape and depends from its length to width ratio. In the sampling studied, trifoliolate leaf surface varied from 79 to 150 cm². Leaf area index (LAI) varied from 4.0 to 8.6 м²/м², with optimal LAI equal to 6.0 м²/м². Excessive LAI (over 7.7 м²/м²) decreased yield by 20 %. Optimal LAI may be achieved by various combinations of leaf size and leaf number per plant. Lines possessing good branching rate but remaining within optimal LAI values due to small leaf size were revealed. Thus, lamina size reduction may be proposed as an alternative breeding direction to solve a conflict of bushy plant type and drought tolerance.

Введение. За последнее десятилетие площади под соей в Центрально-Чернозёмном регионе выросли десятикратно – со 100 тыс. до 1 млн га. Тем не менее расширение площадей в восточной части ЦЧР и в соседних областях Поволжья сдерживается невысокими урожаями – 1,4–1,7 т/га [1; 2], причём основным лимитирующим фактором является влагообеспеченность. Устойчивость растений к засухе – весьма сложный признак, но одна из его важных составляющих – транспирация. С увеличением площади листьев (до полного перехвата света агроценозом) повышается продукция фотосинтеза, но повышается и транспирация. Это приемлемо в условиях недефицитной влагообеспеченности, но на фоне засухи может привести к нарушению водного обмена и к критическому снижению адаптивности и урожайности. В свою очередь, транспирация зависит от ряда параметров: работы устьичного аппарата, свойств эпидермиса, площади листовой поверхности и др.

Происходя из региона с муссонным климатом и достаточной влагообеспеченностью во второй половине вегетации, соя не обладает эффективными механизмами для ограничения прироста листовой поверхности, особенно в случаях обильного увлажнения в вегетативной фазе, которое сменяется дефицитом влаги в генеративной. В исследованиях ВНИИМК урожайность сои положительно коррелировала с индексом площади листьев (ИПЛ) в диапазоне 2–4 м² листьев/м² почвы. Если же в благоприятных для вегетативного роста условиях соя формировала ИПЛ 5–7 м²/м², то это, как правило, было связано со снижением урожайности в годы с засухой в генеративной фазе [3]. Слабоадаптивные сорта формировали избыточную площадь листьев – около 5 м²/м² к концу цветения, тогда как новые засухоустойчивые – около 3,5 м²/м² [4]. На основании этого была предложена модель сорта, предполагающая сдержанное развитие листового аппарата в вегетативной фазе, а также ограниченное ветвление

как способ снижения облиственности и, соответственно, транспирирующей поверхности [5].

Среди селекционеров нет единого мнения относительно селекционной ценности ветвления сои. Авторы, которым близки идеи «зелёной революции», считают, что ветвление следует ограничивать даже в благоприятных средах для снижения конкурентоспособности растений [6; 7]. С другой стороны, ветвление стабилизирует урожайность за счёт компенсации локальных неравномерностей стеблестоя [8; 9]. Нами показано также, что отбор растений с высокой конкурентоспособностью в гибридных популяциях не приводит к снижению урожайности линий в однородном ценозе, хотя и замедляет генетический сдвиг [10]. Тем не менее, прямая связь площади листьев и транспирации известна [11], а ветвистые сорта являются обычно и более облиственными. Означает ли это, что ветвление и засухоустойчивость конфликтуют между собой и что ветвистые сорта сои пригодны лишь для регионов с хорошим увлажнением и неприемлемы для засушливых?

Для разрешения этой проблемы нами было предпринято настоящее исследование.

Материалы и методы. Структуру листового аппарата сои изучали в 2020 г. в питомнике исходного материала отдела селекции и первичного семеноводства ООО «ЭкоНива-Семена» (Курская область, Щигровский р-н). Почва была представлена чернозёмом типичным тяжелосуглинистым с содержанием гумуса 5,3 %.

Выборка генотипов включала 68 сортов сои различного происхождения (Россия, Украина, Беларусь, Австрия, Франция, Канада, США, Китай). Сорта были высеяны в одной повторности, стандарты размещались через каждые 10 делянок. Урожайность вычисляли как отношение массы семян с делянки (в пересчёте на стандартную влажность) к среднему из двух ближайших стандартов и выражали в процентах (%).

Генотипы выборки значительно различались по продолжительности вегетационного периода (от 98 до 117 дней). Поскольку позднеспелые сорта имеют более высокий потенциал продуктивности, для оценки селекционной ценности генотипа используют величину отклонения точки от линии регрессии урожайности на вегетационный период [12]. В настоящей работе для исключения влияния позднеспелости на урожайность применён индекс У/В, равный отношению урожайности (%) к вегетационному периоду (сутки). Эти методы можно считать взаимозаменяемыми, поскольку коэффициент корреляции индекса У/В с отклонением от линии регрессии составил 0,99.

Исследования проводили в фазе налива семян (начало августа), при полном развитии листьев. Количество осадков по месяцам составило: май – 92 мм, июнь – 42, июль – 71, август – 12, сентябрь – 12 мм, сумма за вегетацию – 229 мм. В период налива семян визуально наблюдалась реакция растений на дефицит влаги (потеря тургора верхними листьями в дневные часы), однако она не была критической и не сопровождалась необратимыми физиологическими изменениями. Средняя урожайность по опыту составила 2,35 т/га.

Для полевых исследований такого рода необходима экспресс-методика расчёта площади листовой пластинки. Различными авторами были предложены способы вычисления площади сложного листа сои по уравнению её регрессии на длину и ширину центральной листовой пластинки [13; 14], однако коэффициенты регрессии различались в разных работах и для разных сортов.

Для адаптации этого подхода к изучаемой выборке нами была построена модель регрессии фактической площади сложного (тройчатого) листа $S_{ТЛ}$ на произведение длины и ширины центральной листовой пластинки $L_c \times W_c$. Фактическую площадь листа измеряли с помощью миллиметровой бумаги. Модель была по-

строена по четырем сортам с различной формой листовой пластинки:

$$S_{ТЛ} = k \times L_c \times W_c. \quad (1)$$

Значение коэффициента регрессии k в этой модели было равным 1,92. Достоверность модели – прогноз фактической площади листа по расчётной – характеризовалась значением $R^2 = 0,967$.

Однако дальнейший анализ данных показал, что коэффициент k характеризует форму листовой пластинки и различен у разных сортов. Вычисленное для каждого генотипа по внутригенотипической вариации значение k зависело от отношения длины центральной листовой пластинки к его ширине L_c / W_c (табл. 1). С учетом этого, путем применения индивидуальных коэффициентов k к разным сортам достоверность модели была повышена до $R^2 = 0,995$.

Таблица 1

Зависимость коэффициента формы листовой пластинки k от отношения длины центральной листовой пластинки к его ширине L_c / W_c

Форма пластинки	L_c / W_c	k
Округлая	1,44	1,91
Овальная	1,53	1,82
Заостренная	2,05	1,96
Ланцетовидная	3,16	2,12

По данным таблицы 1 было получено уравнение регрессии коэффициента формы листовой пластинки на отношение длины центральной пластинки к его ширине:

$$k = 0,1498 \times L_c / W_c + 1,6462 \quad (R^2 = 0,89). \quad (2)$$

Это позволило применить метод вычисления площади сложного листа ко всей изучаемой выборке из 68 генотипов.

Основываясь на вышеизложенном, измерения и вычисления проводили следующим образом.

1. Среднюю площадь сложного листа вычисляли по 10 случайно взятым растениям. Поскольку размеры листьев сои имеют выраженную ярусную изменчивость, на каждом растении измеряли по

четыре листа из разных ярусов, а именно из 2-го, 5-го, 8-го и 11-го узлов главного стебля.

2. Вычисляли коэффициент формы листовой пластинки k для каждого генотипа отдельно по формуле (2).

3. Вычисляли площадь сложного (тройчато-сложного) листа $S_{ТЛ}$ по формуле (1).

4. Вычисляли общее число узлов nt как среднее арифметическое по 10 случайно взятым растениям.

5. Вычисляли индекс площади листьев (ИПЛ) по формуле:

$$\text{ИПЛ} (\text{м}^2/\text{м}^2) = 10^{-4} \times S_{ТЛ} \times nt \times d, \quad (3)$$

где $S_{ТЛ}$ – средняя площадь сложного листа (см^2);

nt – общее число узлов на растении;

d – плотность стеблестоя (раст./ м^2).

Результаты и обсуждение. Поскольку повторность была однократной, для оценки паратипической вариации $S_{ТЛ}$ и ИПЛ были измерены на девяти делянках стандарта, размещённых через каждые 10 делянок сортов. Для $S_{ТЛ}$ ошибка средней составила 1,6 %, коэффициент вариации – 5 %, для ИПЛ эти показатели были равны 3,7 % и 13 % соответственно.

Площадь сложного листа в изученной выборке варьировала от 79 до 150 см^2 , а ИПЛ – от 4,0 до 8,6 $\text{м}^2/\text{м}^2$. ИПЛ был достаточно тесно связан с площадью сложного листа ($r = 0,66$, $P < 0,001$, рис. 1а) и несколько слабее – с количеством листьев (и узлов) на растении ($r = 0,51$, $P < 0,001$, рис. 1б).

Количество боковых ветвей при плотности стеблестоя около 40 раст./ м^2 варьировало от 0,0 до 2,1 и положительно коррелировало с количеством листьев на растении ($r = 0,45$, $P < 0,01$) и с ИПЛ ($r = 0,28$, $P < 0,05$). В среднем каждая дополнительная ветвь увеличивала ИПЛ на 0,5 $\text{м}^2/\text{м}^2$.

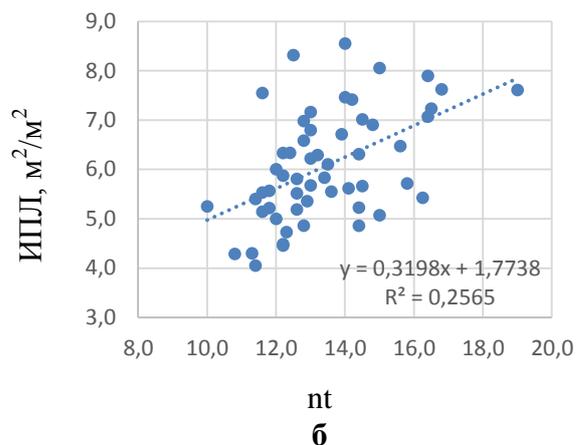
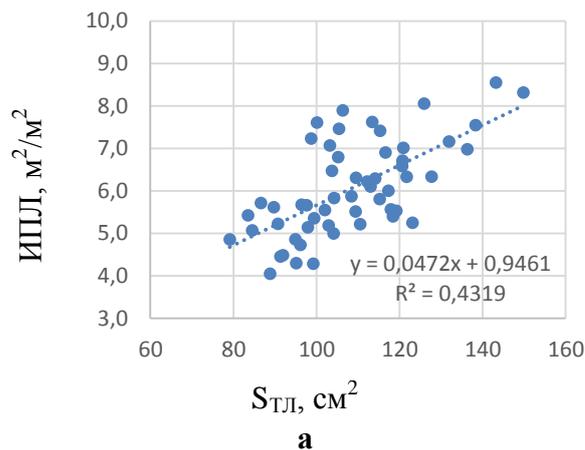


Рисунок 1 – Зависимость индекса площади листьев от средней площади сложного листа (а) и количества листьев на растении (б)

Площадь сложного листа узколистных сортов была меньше, чем широколистных ($99 \pm 3,3$ и $111 \pm 2,0$ см^2 соответственно, $P < 0,05$).

Для сои характерно уменьшение размеров верхних листьев по сравнению с листьями средних ярусов. Эта особенность способствует лучшей освещённости последних и поэтому, предположительно, является селекционно-полезной. Это явление было изучено нами в разрезе морфотипов. Отношение площади листьев 11-го узла к средней площади листьев 5-го и 8-го узлов главного стебля составило: для индетерминантных сортов – 0,54, для полудетерминантных – 0,56, для детерминантных – 0,55. Таким образом,

различия между морфотипами были не-
существенными.

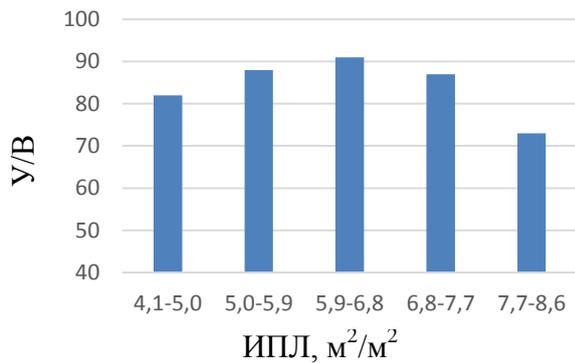


Рисунок 2 – Зависимость индекса «урожайность (%) / вегетационный период» от площади листовой поверхности

Для оценки влияния ИПЛ на урожайность была изучена зависимость индекса У/В от ИПЛ (рис. 2). Корреляционная связь была нелинейна, и хотя на фоне слабой засухи она была невелика ($r = 0,27$, $P < 0,05$), тем не менее позволяла сделать вывод об оптимальной площади листьев – $6,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$. ИПЛ более $7,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ избыточен и снижает урожайность на 20 % ($P < 0,05$), что, вероятно, обусловлено излишней транспирацией. Чрезмерная площадь листьев не повышает продуктивность фотосинтеза с единицы площади агроценоза, поскольку полный перехват света достигается раньше и листья в нижних ярусах затенены. С другой стороны, ИПЛ менее $5,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ недостаточен и связан со снижением урожайности на 10 % ($P = 0,06$). Сорты с ИПЛ $4,1\text{--}4,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ не обеспечивали полного проективного покрытия почвы при визуальном наблюдении. Меньшая величина оптимума ИПЛ, установленная для юга России [3; 4], объясняется, вероятно, более жёсткими засухами.

Компоненты ИПЛ проявляли компенсаторный эффект: площадь сложного листа снижалась по мере увеличения числа листьев (в среднем на 2 см^2 на каждый дополнительный лист и узел), однако компенсация была слабой ($r = -0,23$, $P <$

$0,10$), что и обусловило более чем двукратный диапазон варьирования ИПЛ (рис. 3).

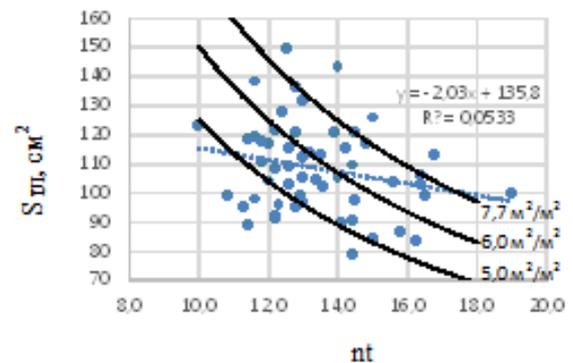


Рисунок 3 – Взаимосвязь площади сложного листа и числа листьев на растении.

Показаны изолинии оптимального ИПЛ ($6,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$) и отграничивающие области недостаточного ($5,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$) и избыточного ($7,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$) ИПЛ

Центральная изолиния на рисунке 3 демонстрирует, что оптимальная площадь листьев может быть сформирована путём различных сочетаний её компонентов. При целевой плотности стеблестоя в настоящем опыте 40 раст./м^2 , ИПЛ $6 \text{ м}^2/\text{м}^2$ соответствует $1500 \text{ см}^2/\text{раст.}$ На примере крайних значений вариационного ряда $S_{\text{л}}$, такая площадь может быть реализована и как 10 листьев по 150 см^2 , и как 19 листьев по 80 см^2 . Примеры сортов, совмещающих высокую облиственность (иначе говоря, большое общее число узлов) с мелкой листовой пластинкой при оптимальном ИПЛ, приведены в таблице 2. Эти сорта, достаточно ветвистые даже в плотном стеблестое, имели бы избыточный ИПЛ, если бы формирование транспирационной поверхности у них не было ограничено за счёт мелких листовых пластинок. В то же время имеются сорта с некомпенсированными компонентами ИПЛ, формирующие избыточную листовую поверхность либо за счёт высоких ветвления и облиственности, либо за счёт крупных листовых пластинок (табл. 2).

Таблица 2

Компоненты ИПЛ и индекс урожайности различных сортов сои

Сорт	ИПЛ, м ² /м ²	Кол-во листьев на растении, шт.	Стл, см ²	Кол-во боковых ветвей, шт.	У/В
ES Саптор	5,1	15,0	84,5	2,0	91
Соер 3	5,2	14,4	90,7	0,8	109
ЭН Аргента	5,4	16,3	83,5	2,1	97
Лидия	5,7	15,8	86,6	1,0	76
Рось	7,6	11,6	138,3	0,3	59
Kalmit	7,9	16,4	106,3	1,5	68
Kabott	8,3	12,5	149,8	1,8	60

Таким образом, отбор на мелколиственность позволяет разрешить конфликт ветвления и засухоустойчивости и создавать ветвистые сорта, оставаясь при этом в пределах оптимума ИПЛ.

Выводы. 1. Площадь листьев сои в условиях Курской области варьировала от 4,0 до 8,6 м²/м². Оптимальный ИПЛ в условиях слабозасушливой погоды в генеративной фазе составил 6,0 м²/м². Площадь сложного листа варьировала от 79 до 150 см², количество боковых ветвей при стеблестое 40 раст./м² – от 0 до 2,1.

2. Одним из механизмов повышения засухоустойчивости сои является снижение транспирации через уменьшение площади листьев. Для достижения этой цели обычно предлагается ограничение ветвления. В качестве альтернативного пути селекции может быть предложено уменьшение размеров листовой пластинки, которое позволяет разрешить конфликт ветвистого морфотипа и засухоустойчивости.

3. Показано, что коэффициент регрессии площади сложного листа сои на произведение длины и ширины центральной листовой пластинки характеризует форму листовой пластинки и зависит от отношения ее длины к ширине. Это позволяет уточнить методику расчёта площади листа.

Список литературы

1. Задорин А.М., Зеленов А.А., Мордвина М.В. Достижения селекции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур в аспекте роста соевого производства в России //

Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – Вып. 30 (2). – С. 53–56.

2. Где и сколько сои производится в России? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://grainboard.ru/news/gde-i-skolko-soi-proizvo-ditsya-v-rossii-407167> (дата обращения: 20.04.2020).

3. Дьяков А.Б., Васильева Т.А. Взаимосвязи признаков продуктивности и адаптивности сортов сои при разных типах погоды юга России // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2009. – Вып. 140. – С. 68–79.

4. Кочегура А.В., Мирошниченко М.В. Признаки адаптивности растений сои к условиям недостаточного увлажнения // Масличные культуры. – 2007. – Вып. 137. – С. 84–87.

5. Трунова М.В. Модель раннеспелого сорта сои для южно-европейской части России // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2017. – Вып. 170. – С. 27–36.

6. Посыпанов Г.С. Соя в Подмосковье. – М., 2007. – 200 с.

7. Cooper R.L. Breeding semidwarf soybeans // Plant breeding reviews. – 1985. – V. 3. – P. 298–311.

8. Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Давыденко О.Г. Ветвление как фактор стабилизации урожаев сои в производстве // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2010. – Вып. 144–145. – С. 81–83.

9. Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Давыденко О.Г. Возможность селекции раннеспелых сортов сои для пониженной плотности стеблестоя // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2011. – Вып. 146–147. – С. 40–43.

10. Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., Давыденко О.Г. Отбор в гетерогенных популяциях сои: конкурентоспособность (сообщение 2) // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 166 (2). – С. 19–25.

11. Setiyono T.D. et al. Leaf area index simulation in soybean grown under near-optimal conditions // Digital Commons Univ. Nebraska: Agron. & Horticult. – 2008. – Paper 113. – 12 p. [Электронный ресурс]. – Ре-

жим доступа: <http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/113>.

12. Ontario soybean variety trials report. – Ontario Soybean and Canola Committee. – 2020: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <https://www.gosoy.ca/performance.php>.

13. Richter G.L.[et al.]. Estimating leaf area of modern soybean cultivars by a non-destructive method // *Bragantia*. – 2014. – V. 73 (4). – DOI: 10.1590/1678-4499.0179.

14. Ilkaee M.N. [et al.]. Prediction model of leaf area in soybean // *Amer. J. Agricult. & Biol. Sci.* – 2011. – V. 6 (1). – P. 110–113: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thescipub.com/pdf/10.3844/ajabssp.2011.110.113>.

References

1. Zadorin A.M., Zelenov A.A., Mordvina M.V. Dostizheniya selektsii FNTs zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v aspekte rosta soevogo proizvodstva v Rossii // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. – 2019. – Vyp. 30 (2). – S. 53–56.

2. Gde i skol'ko soi proizvoditsya v Rossii? [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://grainboard.ru/news/gde-i-skolko-soi-proizvo-ditsya-v-rossii-407167> (data obrashcheniya: 20.04.2020).

3. D'yakov A.B., Vasil'eva T.A. Vzaimosvyazi priznakov produktivnosti i adaptivnosti sortov soi pri raznykh tipakh pogody yuga Rossii // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2009. – Vyp. 140. – S. 68–79.

4. Kochegura A.V., Miroshnichenko M.V. Priznaki adaptivnosti rasteniy soi k usloviyam nedostatochnogo uvlazhneniya // *Maslichnye kul'tury*. – 2007. – Vyp. 137. – S. 84–87.

5. Trunova M.V. Model' rannespelogo sorta soi dlya yuzhno-evropeyskoy chasti Rossii // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2017. – Vyp. 170. – S. 27–36.

6. Posypanov G.S. Soya v Podmoskov'e. – M., 2007. – 200 s.

7. Cooper R.L. Breeding semidwarf soybeans // *Plant breeding reviews*. – 1985. – V. 3. – P. 298–311.

8. Rozentsveyg V.E., Goloenko D.V., Davydenko O.G. Vetvlenie kak faktor stabilizatsii urozhaev soi v proizvodstve // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2010. – Vyp. 144–145. – S. 81–83.

9. Rozentsveyg V.E., Goloenko D.V., Davydenko O.G. Vozmozhnost' selektsii rannespelykh sortov soi dlya ponizhennoy plotnosti steblestoya // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2011. – Vyp. 146–147. – S. 40–43.

10. Rozentsveyg V.E., Goloenko D.V., Davydenko O.G. Otbor v geterogennykh populyatsiyakh soi: konkurentosposobnost' (soobshchenie 2) // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2016. – Vyp. 166 (2). – S. 19–25.

11. Setiyono T.D. et al. Leaf area index simulation in soybean grown under near-optimal conditions // *Digital Commons Univ. Nebraska: Agron. & Horticult.* – 2008. – Paper 113. – 12 p. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/113>.

12. Ontario soybean variety trials report. – Ontario Soybean and Canola Committee. – 2020: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: – <https://www.gosoy.ca/performance.php>.

13. Richter G.L.[et al.]. Estimating leaf area of modern soybean cultivars by a non-destructive method // *Bragantia*. – 2014. – V. 73 (4). – DOI: 10.1590/1678-4499.0179.

14. Ilkaee M.N. [et al.]. Prediction model of leaf area in soybean // *Amer. J. Agricult. & Biol. Sci.* – 2011. – V. 6 (1). – P. 110–113: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.thescipub.com/pdf/10.3844/ajabssp.2011.110.113>.

Получено/Received

08.04.2021

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

12.04.2021

Получено после доработки/Manuscript revised

12.04.2021

Принято/Accepted

13.05.2021

Manuscript on-line

02.07.2021