

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ
И ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ

М.Е. БЕЛЫШКИНА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

В опытах по изучению формирования урожая раннеспелых сортов сои Касатка и УСХИ 6 в условиях Центрального Нечерноземья определены динамические характеристики продукционного процесса, их вариабельность и связь с урожайностью семян. Обоснована целесообразность рассмотрения агроценоза зернобобовых культур как сложной динамической фотосинтезирующей системы с выделением в ее пределах периодов онтогенеза как подсистем с определенными входными и выходными показателями. Границы выделенных периодов-подсистем определяются одинаковыми морфологическими признаками. В течение активной фотосинтетической деятельности выделяются четыре периода: I – от всходов до начала цветения; II – цветение и образование плодов; III – рост плодов; IV – налив семян. В исследованиях выявлена продолжительность отдельных периодов, вегетации в целом и их вариабельность в связи с изменением метеорологических условий. Выявлены закономерности фотосинтетической деятельности и продукционного процесса, а также особенности, связанные с генотипом и метеорологическими факторами. Посев зернобобовых культур как фотосинтезирующая система наиболее эффективно функционирует в течение II и III периодов. За это время, составляющее около 40% от общего за вегетацию, синтезируется более 70% сухой надземной биомассы. Продолжительность вегетации и отдельных периодов значительно больше у сорта УСХИ 6. Этот сорт к фазе R5 формировал на 10% больше сухой массы, однако скорость роста посева (СРП) у этого сорта была на 9% меньше. В результате, по урожайности семян сорта существенно не различались. Однако налив и созревание у сорта УСХИ 6 приходились на более поздний период, когда в отдельные годы среднесуточная температура была ниже биологического минимума и семена не созрели. Сорт Касатка по своим особенностям развития более соответствует возможной вариабельности тепловых ресурсов в данном регионе по сравнению с сортом УСХИ 6.

Ключевые слова: *соя, раннеспелые сорта, сорт Касатка, сорт УСХИ 6, рост и развитие, периоды формирования урожая, фотосинтетическая деятельность, урожайность семян.*

Выращивание сои (*Glycine max* (L.) Merr.) в Центральном Нечерноземье часто ограничивается ее продолжительной вегетацией и недостатком тепловых ресурсов в период налива и созревания семян. Характеристика различных раннеспелых сортов сои имеет большое значение для ее производства в данном регионе.

Для управления формированием урожая необходимо учитывать особенности продукционного процесса у сои на разных этапах развития растений. Большинство сортов относится к растениям с индетерминантным типом роста. Фазы репродуктивного развития на разных ярусах растения не совпадают. Когда на верхнем ярусе раскрываются цветки, в среднем отмечается завязывание плодов (бобов), а в нижнем в это время плоды достигают уже определенных размеров. С началом цветения, когда

растения вступают в период репродуктивного развития, одновременно усиливается вегетативный рост [10].

Формирование конечного урожая зависит от баланса между вегетативным ростом и репродуктивным развитием. Этот совместный период вегетативного и репродуктивного роста очень важен, так как в это время определяется число плодов и семян на 1 м².

В связи с указанными особенностями вегетативного роста, растянутого генеративного развития, а также потребностью в специальных условиях для эффективной азотфиксации, соя очень чувствительна к стрессовым факторам среды, особенно в определенные, критические периоды онтогенеза.

Во многих работах, посвященных исследованиям формирования урожая у зернобобовых культур, приводятся определенные динамические характеристики продукционного процесса. Однако весьма затруднительно сравнивать динамические показатели, полученные в разные годы испытания, в разных местах, а также привлекать для обсуждения литературные источники, если эти динамические характеристики (например, нарастание биомассы, ассимиляционная поверхность) представлены на дату или на определенный день после появления всходов, так как состояние посева (микрофаза) у разных культур и сортов на одну и ту же календарную дату или день от всходов будет разным.

Если на момент биометрических измерений указываются такие фазы, как фаза цветения, фаза выполненных бобов, без уточнения микрофазы, то полученные данные трудно интерпретировать и сравнивать с результатами исследований других авторов. Американские ученые, изучающие формирование урожая у сои, придерживаются разработанной для сои шкалы микрофаз, обозначающих этапы вегетативного роста (V1–V6) и генеративного развития (R1–R8) [6, 9].

Урожайность культуры определяется фотосинтетической деятельностью посева как целостной, динамической, саморегулирующейся системы, меняющей свои параметры во времени. Отдельные биологически обоснованные последовательные периоды в развитии этой системы можно рассматривать как подсистемы, отображающие качественно новое состояние системы [2].

Возможность и точность определения начала и конца каждого периода по морфологическим признакам, аналогичным у всех зернобобовых культур, позволяют изучать и сравнивать разные сорта сои при разных условиях произрастания не только по конечной величине развития системы – урожайности семян, но и по всем динамическим показателям, характеризующим посев в конце каждого периода.

Методы исследований

В опытах, проведенных на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2008–2013 гг., изучалось развитие растений и формирование урожая разнотипных раннеспелых сортов сои: Касатка и УСХИ 6 с более продолжительным вегетативным ростом. Сорт Касатка выведен в Институте семеноводства и агротехнологий (г. Рязань), ультраскороспелый, вегетационный период 76–85 дней, предназначен для возделывания на зерно, содержание белка и жира на уровне стандарта (Магева). За годы испытаний средний урожай зерна составил 24,6 ц/га, максимальный 32,4 ц/га [3]. Сорт УСХИ 6 выведен в Ульяновском ГАУ методом индивидуального отбора из гибридной популяции. Форма растений кустовая, компактная. Высота растений в среднем 62 см (50–86 см). Масса 1000 семян в среднем 145 г., средняя урожайность семян 14,2 ц/га, максимальная может достигать 28,0 ц/га. Содержание жира в семенах 20,1%, белка 37,6%. Раннеспелый. Вегетационный период в среднем 101 день [4].

Почва участка – дерново-подзолистая, по механическому составу средний пылеватый суглинок; глубина пахотного слоя 22–25 см; рН солевой вытяжки 5,6–5,8; содержание гумуса по Тюрину 2,5%. В пахотном горизонте содержалось 165–170 мг P_2O_5 (по Кирсанову) и 90–95 мг K_2O (по Масловой) на 1 кг почвы.

Опыты закладывались в девятипольном севообороте, предшественником являлась кормовая свекла. Агротехника в опыте была общепринятой для Нечерноземной зоны: зяблевая вспашка с оборотом пласта на глубину 20–22 см, весеннее боронование. Предпосевную культивацию проводили на глубину 8 см. Так как кормовая свекла выращивалась на высоком агрофоне, а почвы характеризовались высокой и средней обеспеченностью элементами питания, удобрения в опыте не применялись. Инокуляция проводилась в день посева, активным штаммом ризобий 634 б.

Площадь учетной делянки – 15 м², размещение вариантов рендомизированное, повторность 4-кратная. Срок посева – при достаточном прогревании почвы в конце первой – начале второй декады мая. Способы посева – широкорядный с густотой стояния растений после появления всходов 400 и 600 шт./м² и обычный рядовой с густотой 400 и 800 шт./м².

В период вегетации определяли густоту стояния растений, проводили фенологические наблюдения. Высоту растений, накопление сырой и сухой массы растений и отдельных органов определяли через каждые 15 дней в течение вегетации. Площадь листьев определяли весовым методом путем взвешивания листьев и определения площади 1 г листьев на фотопланиметре, фотосинтетический потенциал (ФП) рассчитывали графическим методом, чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) находили путем деления прироста сухой биомассы за период на ФП этого периода. КПД ФАР определяли, как отношение содержания энергии в сухой биомассе растений к приходу ФАР на единице площади, выраженное в процентах. Элементы структуры урожая определяли по пробным снопам из 25 растений с каждой делянки опыта. Учет урожая производили методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14%-й влажности и 100%-й чистоте. Статистический анализ результатов проводили с использованием приложения Microsoft Excel и статистического пакета IBM SPSS Statistics.

Результаты и обсуждение

В основе примененного нами методологического подхода лежит рассмотрение посева (ценоза) как фотосинтезирующей системы, постепенно, поэтапно формирующей урожай семян (конечная цель развития системы) через рост, фотосинтез и другие физиологические процессы, интенсивность и направленность которых изменяется в процессе развития. Биологически обоснованные периоды в развитии растений выделяются как подсистемы, каждый из которых завершается одной или несколькими выходными величинами, важными с точки зрения формирования урожая. Это позволяет изучать изменения в системе по изменениям в его звеньях, изучать специфические системные качества.

Исследования были посвящены последовательному выявлению тех особенностей фотосинтеза посева и формирования элементов продуктивности в предшествующий период, которые обуславливают существенное изменение состояния посева в последующий период и в конечном счете изменение урожайности и накопление протеина. Кроме того, было выявлено влияние изменения метеорологических условий в каждый из периодов на вариабельность параметров продукционного процесса в динамике [1].

В течение вегетации от всходов до начала созревания, когда посев функционирует как фотосинтезирующая система, выделяются четыре периода, общие для

всех зернобобовых культур: *I* – от всходов до начала цветения (до раскрытия первого цветка на растении); *II* – цветение и образование плодов (от раскрытия первого цветка до полного окончания цветения); *III* – рост плодов (в конце периода плоды на боковых побегах или верхних ярусах растения достигают максимальных размеров, створки плодов максимальной массы, отмечается фаза выполненных или блестящих бобов); *IV* – налив семян (ассимиляты и питательные вещества из створок плодов и других органов оттекают в семена; в конце периода сухая масса семян максимальная, влажность семян высокая). Созревание семян – завершающий период их развития. В этот период семена и створки плодов теряют влагу. Скорость созревания, характеризующаяся интенсивностью снижения влажности семян и створок плодов, зависит от погодных условий. При пониженной температуре и осадках созревание замедляется (рис. 1).

Периоды развития и формирования урожая

Посев - всходы	I	II	III	IV	Созревание	
	Вегетативный рост	Цветение и образование плодов	Рост плодов	Налив семян		
	Вегетативное развитие	Репродуктивный период развития				
	Период вегетативного роста					
		Цветение и образование плодов				
			Формирование и рост плодов			
			Рост плодов			
			Медленный налив семян	Быстрый налив семян		
	Фазы развития сои [по 17]					
	Ve V1 V2..... V5	R1 R3	R4	R5	R6	R7 R8

Рис. 1. Схема вегетативного и генеративного развития у зерновых бобовых культур

Агроценоз как динамическая фотосинтезирующая система характеризуется рядом показателей. Эти показатели делятся на две группы. Первая группа отражает состояние посева на определенный выделенный момент вегетации культуры. Разные авторы в своих исследованиях этот момент обозначают по-разному: например, указывают фазу (бутонизация, цветение, выполненные бобы), не уточняя, на каком ярусе, узле, побеге растения отмечается данная фаза. В других случаях указывается календарная дата или день от всходов. Такие данные трудно сопоставимы при изучении разных генотипов в зависимости от места и года исследований, а также в сравнении с данными других авторов. Американские исследователи сои пользуются разработанной для этой культуры шкалой микрофенологии (табл. 1).

Такой подход к определению и характеристике значимых периодов отмечается в работах, посвященных изучению формирования урожая у сои в связи с ее фенологией. Выделяются микрофазы и определенные периоды в этом процессе. Показано, что элементы структуры урожая формируются поэтапно и тесно связаны с фотосинтетическими характеристиками агроценоза: индексом листовой поверхности, эффективностью работы листьев (ЧПФ), скоростью нарастания сухой биомассы на определенном этапе [6, 7]. Урожайность семян прямо связана с первичными компонентами урожая – числом семян, сформировавшихся в расчете на 1 м², а также массой 1000 семян. Эти компоненты урожая формируются на более поздних этапах продукционного процесса и, в свою очередь, определяются предшествующим состоянием посева,

когда формируется число плодов на 1 м², а также число семян в плоде. Авторы утверждают, что формирование компонентов урожая может быть организовано в последовательную серию причинных взаимозависимостей [8]. Эффективность каждого этапа, в свою очередь, связана с величиной нарастания сухой биомассы. Кроме того, на эти показатели продукционного процесса очень большое влияние оказывают стрессовые факторы среды, такие как температура, дефицит влаги.

Таблица 1

Периоды развития посева и их характеристика

Период	Фаза в начале и конце периода	Фаза у сои по классификации в США	Основные процессы формирования урожая	Основные выходные показатели периода
Посев – всходы (А)	Посев семенами – всходы	–	Набухание и прорастание семян	Густота всходов
I. Всходы – начало цветения	Всходы – раскрытие нижнего цветка	$V_1 - V_5$	Рост главного побега, листьев и формирование бутонов	Величина ассимиляционной поверхности
II. Цветение и образование плодов	Раскрытие нижнего цветка – образование завязей бобов на верхних ярусах	$R_1 - R_2$ и $R_3 - R_4$	Цветение и образование плодов, продолжение роста побегов	Максимальная площадь листьев, число плодов на 1 м ²
III. Рост плодов	Сизые бобы – блестящие бобы	$R_5 - R_6$	Рост плодов и развитие семян. В конце периода максимальные размер плодов и масса их створок	Число семян на 1 м ² , накопление биомассы, накопление протеина, площадь листьев, масса плодов
IV. Налив семян	Блестящие бобы – Пожелтение (побурение) бобов	$R_6 - R_7$	Налив семян. К концу периода сухая масса семян максимальная, пожелтение и опадение листьев	Сухая масса семян (урожай), сбор протеина, урожай биомассы
Созревание	Пожелтение бобов – бурые сухие бобы	$R_7 - R_8$	Созревание, потеря влаги створками плодов и семенами	Урожай созревших семян, сбор протеина с урожаем семян

В данной работе, где динамические параметры рассматриваются в разрезе периодов-подсистем, четко указываются морфологические признаки растений, определяющие границы периодов, общие для всех зернобобовых культур, их биотипов и сортов. Так, период I продолжается от всходов до раскрытия первого цветка на растениях. Это граница, где заканчивается период I и начинается период II – цветение и образование плодов, который заканчивается, когда верхние цветки на растениях опадают или из них образуются завязи плодов. Это граница II и III периода – роста плодов. Период роста плодов заканчивается, и начинается период налива семян, когда плоды на верхних ярусах растений вступают в фазу выполненных (блестящих) бобов, приобретают максимальные линейные размеры, а створки бобов достигают максимальной за вегетацию сырой и сухой массы. К моменту окончания налива

семян отмечается пожелтение плодов, семена приобретают характерную для генотипа окраску, листья становятся желтыми или полностью опадают. Динамические показатели определяются по морфологическим признакам, разграничивающим периоды («на конец периода»).

Параметры формирования урожая, относящиеся к первой группе и отражающие нетто-фотосинтез посева, следующие: 1) нарастание сухой биомассы (в исследованиях обычно наземная сухая биомасса) – общей и (или) отдельных органов в г/м² или в кг/га (*СМ*); 2) нарастание ассимиляционной поверхности (обычно площади листьев) в тыс. м²/га (*ПЛ*) или представленное как индекс листовой поверхности (м²/м²) – *ИЛП*.

Вторая группа включает показатели, отражающие результаты функционирования посева за *определенный период* или в целом за период активной фотосинтетической деятельности агроценоза. К ним относятся следующие параметры:

– *фотосинтетический потенциал (ФП)*, тыс. м² дн. га⁻¹;

– *чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ)* отражает интенсивность создания в процессе фотосинтеза сухой биомассы за сутки 1 м² листовой поверхности – г м⁻² дн⁻¹;

– *прирост сухой массы за период (ПСМ)*, г м⁻² или кг га⁻¹;

– *скорость роста посева (СРП)* – прирост сухой массы на 1 м² или на 1 га за сутки, в англоязычной литературе – *Crop growth rate (CGR)*, г м⁻² дн⁻¹ или кг га⁻¹ дн⁻¹.

Динамические характеристики обсуждаются в связи с их влиянием на формирование плодов, семян, массу 1000 семян и урожайность.

У изучаемых сортов была определена продолжительность периодов-подсистем в соответствии с изложенными выше морфологическими признаками, которые были увязаны со шкалой микрофаз для сои по *Fehr W.R., Caviness C.E.* [10].

В исследованиях определена сумма активных температур, необходимая для прохождения всех этапов вегетации. У сорта Касатка она составила в среднем 2040°C, у сорта УСХИ 6–2230°C. В условиях Центрального Нечерноземья лимитирующим фактором является не общая сумма активных температур за вегетацию, а их сумма и напряженность по периодам развития. Это обстоятельство особенно важно для сои на последних этапах формирования урожая – налива и созревания семян, так как пониженные среднесуточные температуры в эти периоды являются лимитирующим фактором при возделывании сои в Центральном Нечерноземье.

Динамические характеристики изучаемых сортов в условиях достаточной влагообеспеченности (2008–2009, 2011–2013) рассматриваются в таблице 2, в засушливых условиях (2010) – в табл. 3.

Агроценоз сои функционирует наиболее производительнее в период цветения и образования плодов. Этот же период – критический в формировании урожая. В это время формируются плоды и высокими темпами нарастают вегетативные органы, в том числе листья и общая биомасса растений. В годы с достаточной влагообеспеченностью за этот период, продолжительностью 30 дней, что составляет 35% от периода I–III, сформировалось 70% общей сухой биомассы. Скорость роста посева (СРП) в это время была в 5 раз больше по сравнению с предшествующим периодом.

Влияние водного стресса на указанные параметры проявилось в полной мере в засушливые годы. Как правило, в эти годы погодные условия до цветения были более благоприятными для ростовых процессов, и среднесуточный прирост сухой массы в I период был в 2 раза больше, чем в другие годы. Однако наступившая засуха угнетающе действовала на интенсивность ростовых процессов, приросты снизились в 3 раза, а их продолжительность – в 2 раза. В период роста плодов листья пожелтели и стали опадать, прироста биомассы не отмечено.

**Динамические параметры посевов сортов сои по периодам развития
в условиях достаточной влагообеспеченности**

Показатель	Периоды, фазы			
	I Всходы – цветение	II Цветение и образование бобов	III Рост бобов	IV Налив семян
	$V_1 - R_1$	$R_1 - R_4$	$R_5 - R_6$	$R_6 - R_7$
Сорт Касатка				
Продолжительность периода, дни	45	30	9	11
Индекс листовой поверхности	1,2	5,3	3,0	1,0
Наращение сухой биомассы, кг/га	1225	5250	5650	5250
СРП, кг га ⁻¹ сут. ⁻¹	27	134	44	–
Сорт УСХИ 6				
Продолжительность периода, дни	54	32	13	16
Индекс листовой поверхности	1,6	5,5	5,2	1,1
Наращение сухой массы, кг/га	1450	5400	5750	5500
СРП, кг га ⁻¹ сут. ⁻¹	27	123	27	–

При формировании урожайности особое значение имеет величина накопления сухой биомассы к моменту завершения образования бобов на растениях, так как их максимально возможное количество в расчете на растение и на единицу площади в это время уже сформировалось. Поэтому величина сухой биомассы в этот период может характеризовать потенциал урожайности. Многие американские ученые [5, 6, 9] полагают, что накопление сухой массы сои к фазе R5 определяет потенциальную урожайность семян. Кроме того, большое значение для анализа продукционного процесса имеет показатель скорости роста посева (Crop Growth Rate). По данным Egli [9], Board and Modali [5], величина сухой биомассы у сои в этот критический период очень важна для формирования компонентов урожая, особенно в связи с действием абиотических факторов, таких как водный стресс. От ее величины зависит число плодов и семян на 1 м². В благоприятные по погодным условиям годы к концу этого периода величина сухой массы у раннеспелых сортов составляла в среднем 525 г/м² у сорта Касатка и 540 г у сорта УСХИ 6, индекс листовой поверхности достигал максимума – 5,3–5,5 в зависимости от сорта. Период цветения и образования плодов является определяющим в формировании потенциальной урожайности.

Таким образом, при благоприятных условиях величина нарастания сухой биомассы 450–550 г/м² к моменту завершения образования бобов в значительной мере определяет будущую урожайность, которая в условиях Центрального Нечерноземья

реализуется на уровне 2,0–2,2 т/га при оптимальной густоте стояния растений и резко снижается (в наших опытах – в 2,5 раза), если в критический период растения подвергаются водному стрессу.

Таблица 3

Динамические параметры посевов сортов сои по периодам развития в засушливых условиях

Показатель	Периоды, фазы			
	I Всходы – цветение	II Цветение – образование бобов	III Рост бобов	IV Налив семян
	$V_1 - R_1$	$R_1 - R_4$	$R_5 - R_6$	$R_6 - R_7$
Сорт Касатка				
Продолжительность периода, дни	42	19	8	8
Индекс листовой поверхности	3,0	3,2	1,5	0,2
Сухая масса, кг/га	2450	3250	3000	2400
Скорость роста посевов, кг га ⁻¹ сут. ⁻¹	58	42	–	–
Сорт УСХИ 6				
Продолжительность периода, дни	48	19	9	10
Индекс листовой поверхности	2,3	3,2	1,5	0,31
Сухая биомасса, кг/га	2500	3300	2900	2300
Скорость роста посевов, кг га ⁻¹ сут. ⁻¹	52	42	–	–

Сырая и сухая биомасса одного растения уменьшалась с увеличением густоты стояния растений. Максимальная величина сырой и сухой биомассы у обоих сортов отмечалась в конце периода роста бобов (фазы $R_5 - R_6$) (рис. 2, 3). Чем выше густота стояния растений, тем больше была величина биомассы. У сорта Касатка при широкорядном способе посева и густоте стояния 400 тыс. растений на 1 га максимальная за вегетацию сухая биомасса в 2008–2009 гг. составила у сортов 5400–5800 кг/га. При обычном рядовом способе посева и густоте 800 тыс. растений на 1 га максимальная величина биомассы была у сорта Касатка – 6200 кг/га, у сорта УСХИ 6–7600 кг/га.

В засушливом 2010 г. максимальные приросты сухой биомассы были в период $V_4 - R_2$ (четвертый узел – полное цветение) и составили у обоих сортов 1100–1600 кг/га. Затем наступили неблагоприятные погодные условия, которые совпали с фазой цветения у сои, дальнейших приростов сухой биомассы не было. Таким образом, в 2010 г. максимальные приросты сухой биомассы были в 2,5 раза меньше, чем в относительно благоприятные годы, что крайне негативно сказалось в дальнейшем на формировании урожайности семян.

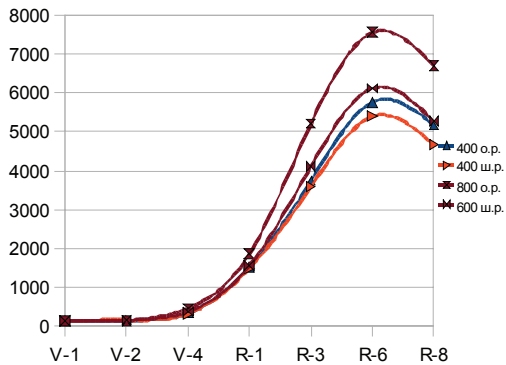


Рис. 2. Нарастание сухой биомассы, кг/га. Сорты Касатка

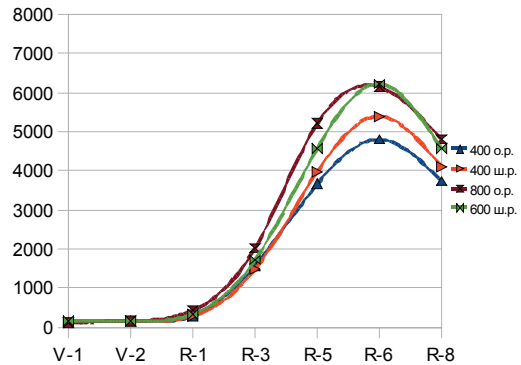


Рис. 3. Нарастание сухой биомассы, кг/га. Сорты УСХИ 6

Сравнение двух сортов по динамическим параметрам формирования урожайности показывает, что продолжительность вегетации и отдельных периодов значительно больше у сорта УСХИ 6. Этот сорт к фазе R5 формировал на 10% больше сухой массы, однако СРП у этого сорта была на 9% меньше. В результате по урожайности семян сорта существенно не различались. Однако налив и созревание у сорта УСХИ 6 приходились на более поздний период, когда в отдельные годы среднесуточная температура была ниже биологического минимума, и семена не созревали. В условиях Центрального Нечерноземья ограничивающим фактором реализации биологического потенциала раннеспелых сортов сои являются периоды налива семян и созревания, когда среднесуточная температура может оказаться ниже 14°C. Сорты Касатка по своим особенностям развития более соответствуют возможной вариативности тепловых ресурсов в данном регионе по сравнению с сортом УСХИ 6.

Заклучение

Величина фотосинтетического потенциала (ФП), сухой массы (СМ) и скорость роста посева (СРП) в критический период цветения и образования плодов (период II) в значительной мере определяют число плодов и семян на 1 м² и могут служить прогностическими показателями потенциальной урожайности семян.

Установлено, что предшествующее состояние посева по величине ФП, нарастанию сухой массы и скорости роста посева (СРП), особенно в критический период II (цветение и образование плодов), в значительной мере определяет в последующем величину компонентов урожайности и непосредственно урожайность семян. СРП II периода наряду с накоплением сухой массы III периода могут служить прогностическими показателями потенциальной урожайности семян.

Вариативность динамических характеристик продукционного процесса и урожайности семян в значительной степени связана с изменением метеорологических условий в разные годы и в зависимости от региона возделывания. В условиях, приводящих к угнетению ростовых процессов (засуха), особенно в критический период II – цветения и образования плодов, сильно уменьшается нарастание сухой массы и СРП. Их величина в этом периоде тесно коррелирует с числом плодов и семян на 1 м² и урожайностью семян.

Библиографический список

1. Бельшикина М.Е. Формирование урожая и фотосинтетическая деятельность раннеспелых сортов сои при разных приемах возделывания в условиях Центрального

Нечерноземья: дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2011. С. 12–15.

2. *Гатаулина Г.Г., Бельшикина М.Е.* Рост и развитие раннеспелых сортов сои при разных сроках посева в Московской области / Кормопроизводство. 2012. № 3. С. 26–28.

3. *Гуреева Е.В., Фомина Т.А.* Соя для Центрального Нечерноземья. Земледелие. 2010. № 3. С. 45–46.

4. *Дозоров А.В., Ермошкин Ю.В.* Фотосинтетическая деятельность сортов сои в зависимости от способов посева / Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 1. С. 8–12.

5. *Board J.E., Modali H.* Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean // Crop Sci. 2005. Vol. 45. Pp. 1790–1799.

6. *Board J.E., Kahlon C.S.* Soybean Yield Formation: What Controls It and How It Can Be Improved, Soybean Physiology and Biochemistry, Prof. Hany El-Shemy (Ed.). 2011. 488 p.

7. *Carpenter A.C., Board J.E.* Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations // Crop Sci. 1997. 37. Pp. 1520–1526.

8. *De Bruin J.L., Pedersen P.* Growth, yield, and yield component changes among old and new soybean cultivars // Agron. J. 2009. Vol. 101. P.123–130.

9. *Egli D.B.* Soybean reproductive sink size and short-term reductions in photosynthesis during flowering and pod set // Crop Sci. 2010. Vol. 50. P. 1971–1977.

10. *Fehr W.R., Caviness C.E.* Stage of soybean development. Iowa State University, Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special report, 80). Ames, IA.

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF CROPS AND YIELD FORMATION OF EARLY-RIPENING SOYBEAN VARIETIES

M.YE. BELYSHKINA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The experiments on studying the formation of the early-ripening soybean varieties of Kasatka and USKHI 6 carried out in the conditions of the Central Non-Chernozem region have allowed to determine the dynamic characteristics of the production process, their variability and the relationship with seed production. The author provides the rationale for considering the agrocenosis of leguminous crops as a complex dynamic photosynthetic system consisting of several ontogenesis periods as subsystems with definite input and output indices. The boundaries of the selected periods-subsystems are determined by the same morphological features. Four periods are distinguished in photosynthetic activity: I – from shoots to the beginning of flowering; II – flowering and the formation of fruits; III – the growth of fruits; IV – seed turgescence. Studies have identified the duration of individual periods and vegetation in general, as well as their variability due to changes in meteorological conditions. The patterns of photosynthetic activity and production process, as well as features related to genotype and meteorological factors, have also been revealed. Leguminous cropping as a photosynthetic system most effectively functions during periods II and III. In this period, accounting for about 40% of the total vegetation, more than 70% of dry above-ground biomass is synthesized. The duration of vegetation and its individual periods are much higher in the USKHI 6 variety. This variety formed 10% more dry weight by the R5 phase, however, its crop grow rate proved to be 9% less. As a result, the yields of seeds did not differ significantly. However, the turgescence and maturing in the USHI variety 6 occurred at a later period, when the average daily temperature was below the biological

minimum in some years, and the seeds did not ripen. The Kasatka variety with its development features is more in line with the possible variability of thermal resources in this region as compared to the USKHI 6 variety.

Key words: soybeans, early maturing varieties, Kasatka variety, USKHI 6 variety, growth and development, periods of yield formation, photosynthetic activity, yield of seeds.

References

1. *Belyshkina M.Ye.* Formirovaniye urozhaya i fotosinteticheskaya deyatel'nost' rannespelykh sortov soi pri raznykh priyemakh vzdelyvaniya v usloviyakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya: dis. ... kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk [Yield formation and photosynthetic activity of early ripening soybean varieties grown with different cultivation methods in the conditions of the Central Non-Black Earth Region: PhD (Ag) thesis]. M.: RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva. 2011. Pp. 12–15.
2. *Gataulina G.G., Belyshkina M.Ye.* Rost i razvitiye rannespelykh sortov soi pri raznykh srokakh poseva v Moskovskoy oblasti [Growth and development of early soybean varieties at different planting times in the Moscow Region] / Kormoproizvodstvo. 2012. No. 3. Pp. 26–28.
3. *Gureyeva Ye.V., Fomina T.A.* Soya dlya Tsentral'nogo Nechernozem'ya [Soybeans for the Central Non-Chernozem Region]. Zemledeleye. 2010. No. 3. Pp. 45–46.
4. *Dozorov A.V., Yermoshkin Yu.V.* Fotosinteticheskaya deyatel'nost' sortov soi v zavisimosti ot sposobov poseva [Photosynthetic activity of soybean varieties depending on sowing methods] / Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2012. No. 1. Pp. 8–12.
5. *Board J.E., Modali H.* Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean // Crop Sci. 2005. Vol. 45. Pp. 1790–1799.
6. *Board J.E., Kahlon C.S.* Soybean Yield Formation: What Controls It and How It Can Be Improved, Soybean Physiology and Biochemistry, Prof. Hany El-Shemy (Ed.). 2011. 488 p.
7. *Carpenter A.C., Board J.E.* Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations // Crop Sci. 1997. 37. Pp. 1520–1526.
8. *De Bruin J.L., Pedersen P.* Growth, yield, and yield component changes among old and new soybean cultivars // Agron. J. 2009. Vol. 101. Pp. 123–130.
9. *Egli D.B.* Soybean reproductive sink size and short-term reductions in photosynthesis during flowering and pod set // Crop Sci. 2010. Vol. 50. R. 1971–1977.
10. *Fehr W.R., Caviness C.E.* Stage of soybean development. Iowa State University, Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special report, 80). Ames, IA.

Бельшкіна Марина Евгеньевна – к.с.-х.н., заместитель начальника Управления научной деятельности РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-07-48; e-mail: mbelyshkina@rgau-msha.ru).

Marina Ye. Belyshkina – PhD (Ag), Deputy Head of the Research Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: (499) 976-07-48; e-mail: mbelyshkina@rgau-msha.ru).