

ВЛИЯНИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ СОИ

В работе рассматривается влияние агрометеорологических условий на фотосинтетическую продуктивность посевов сои. Определена чистая продуктивность фотосинтеза растений сои по межфазным периодам развития.

Ключевые слова: соя, площадь листьев, фотосинтез, межфазный период, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза.

Введение. Соя является одной из основных зернобобовых культур мирового земледелия. Она отличается высокой экологической пластичностью и благодаря проделанной во многих странах селекционной работе шагнула далеко за пределы первоначального распространения [4]. По количеству и качеству содержащихся в соевом зерне полезных веществ ей нет равных среди всех полевых сельскохозяйственных культур. Особую значимость имеет эта культура в решении белковой проблемы из-за высокого содержания белка в зерне (36-48 %). Кроме того, в зерне сои находится 17-26% масла с благоприятным жирно-кислотным составом, большой набор минеральных веществ и витаминов, поэтому она играет решающую роль в зерновом, пищевом и кормовом балансах многих больших стран [3].

Анализ последних исследований и публикаций. Главным фактором урожайности растений является фотосинтез, на долю которого приходится до 95 % всей накопительной в растении энергии. В то же время фотосинтез листьев является главным физиологическим показателем, по которому можно судить о норме реакции на разные условия окружающей среды, а также о реакции на агротехнические приемы выращивания той или иной культуры.

Фотосинтез – основной процесс жизнедеятельности растений, тесно связанный с минеральным питанием и потреблением воды. Основным результатом фотосинтеза – аккумуляция солнечной энергии в виде органического вещества. Зеленые растения осуществляют процесс обновления биосферы Земли, включающий регенерацию кислорода, связывание углекислого газа, образование органической массы, пополнение энергетического потенциала земли. Изучение фотосинтетической деятельности растений в посевах тесно связано с теорией получения высоких урожаев и возможностью управления формированием урожая. Методические основы ее изучения разрабатывали многие ученые. Большой вклад по изучению фотосинтеза внес А.А. Ничипорович [2]. Процесс фотосинтеза является основным звеном в общей продуктивности растений. Соя, как и большинство сельскохозяйственных культур, относится к группе растений-С₃. У них одновременно с фотосинтезом происходит выделение из листьев части ассимилированной углекислоты в процессе дыхания на свету [6]. Это приводит к тому, что реальная величина ассимиляции СО₂ у С₃-растений оказывается значительно меньше осуществляемого фотосинтеза. Поскольку фотодыхание снижает эффективность фотосинтеза, многие исследователи считали его ненужным и даже расточительным процессом [5,7].

Целью работы является оценка влияния агрометеорологических условий на фотосинтетическую продуктивность посевов сои по результатам полевых опытов.

Материалы и методы исследования. Полевые опыты проводились на наблюдательных участках учебной агрометеорологической лаборатории Одесского экологического университета (с. Черноморка) в 2009-2010 гг.

Участки наблюдений располагались на равнинном плато с небольшим уклоном на юг. Почвы - чернозем южный, среднесуглинистый, слабо солонцеватый с толщиной гумусового горизонта 60-65 см. Величина наименьшей полевой влагоемкости составляет 168 мм.

На протяжении 2009 и 2010 годов были проведены экспериментальные исследования на посевах сои. Объектом исследования был выбран сорт сои „Аркадия Одесская”, который выведен путем воздействия мутагена диметилсульфата в газовой фазе на семена сорта ВНИИ МК9186, районированный наиболее высокобелковый в нашей стране сортов. Он характеризуется оптимальной для юга Украины продолжительностью вегетационного периода, составляет в Одесской области 100 – 120 дней. Программа полевого опыта, наряду со стандартными метеорологическими и агрометеорологическими наблюдениями, включала проведение ряда специфических биометрических и фенологических наблюдений. Определение сухой биомассы отдельных органов растений сои проводилось еженедельно в период от даты всходов до полного созревания бобов сои. Опыты проводились с тремя сроками сева: ранним, средним, поздним.

Сухая масса растений определялась еженедельно, начиная с даты 3-го листа. Для этого в четырех местах опытного участка выкапывалось по 10 растений (всего 40 растений). В каждой пробе отдельно взятого побега выделяли листья, стебли и бобы. Взвешивалась общая отмершая и общая живая масса проб. Определение процента сухого вещества в отдельной пробе проводилось путем высушивания в термостате небольшой навески фитоэлементов (не менее 20 г) до абсолютно сухого состояния. Сушка пробы осуществлялась в течение первого часа при температуре 100-105 °С, а в дальнейшем – 70 – 80 °С и продолжалась до того момента, когда разница массы проб не превышала 0,1гр. Процент сухого вещества рассчитывался путем деления сухой массы элемента на сырую массу. Расчет сухой массы элемента на единице площади посева производился путем умножения сырой массы элемента на 1м² посева на процент сухого вещества в нем [1].

Основными показателями, характеризующими фотосинтез растений в посевах, считается размеры ассимиляционного аппарата и время его активного функционирования. Определение площади ассимилирующей поверхности листьев осуществляется с помощью метода высечек, чтобы результаты определения площади листьев были более точными [2].

Полезность учетов площади листьев может быть большей, если их можно сочетать с ходом нарастания сухой массы биологических и хозяйственных урожаев. В этом случае можно получить показатели чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) по формуле, предложенной Киддом, Вестом и Бриггсом:

$$ЧПФ = \frac{B_2 - B_1}{0,5(L_1 + L_2)T}, \quad (1)$$

где B_1 и B_2 – вес сухой массы растений с единицы площади в начале и в конце учитываемого периода, г/м² декаду; L_1 и L_2 – площадь листа растений с той же площади посева в начале и в конце того же периода м²/м²; T – количество дней в декаде, дн.

Фотосинтетический потенциал посевов сои ($\Phi\Pi$) тесно связан как с площадью листовой поверхности, так и с продолжительностью тех или иных фенологических фаз и определяется по формуле:

$$\Phi\Pi = \frac{L_1 + L_2}{2} \cdot T \quad (2)$$

где $\frac{L_1 + L_2}{2}$ – средняя площадь листьев за данный период, м²/м²·дек.

Результаты исследований и их анализ. В 2009 и 2010 годах были проведены наблюдения за посевами сои при различных сроках сева. Годы эксперимента сильно отличались агрометеорологическими условиями: условия 2009 года были весьма неблагоприятными для выращивания сои, по сравнению с 2010 годом. Согласно методике биометрических наблюдений проанализирована динамика массы отдельных органов сои в течении всей вегетации. Полученные данные свидетельствуют о влиянии сроков сева на показатели структуры урожая сои и на их динамику.

Рассмотрим график динамики накопления сухой биомассы (M) растений сои за период вегетации при разных сроках сева 2009 -2010 гг. (рис. 1).

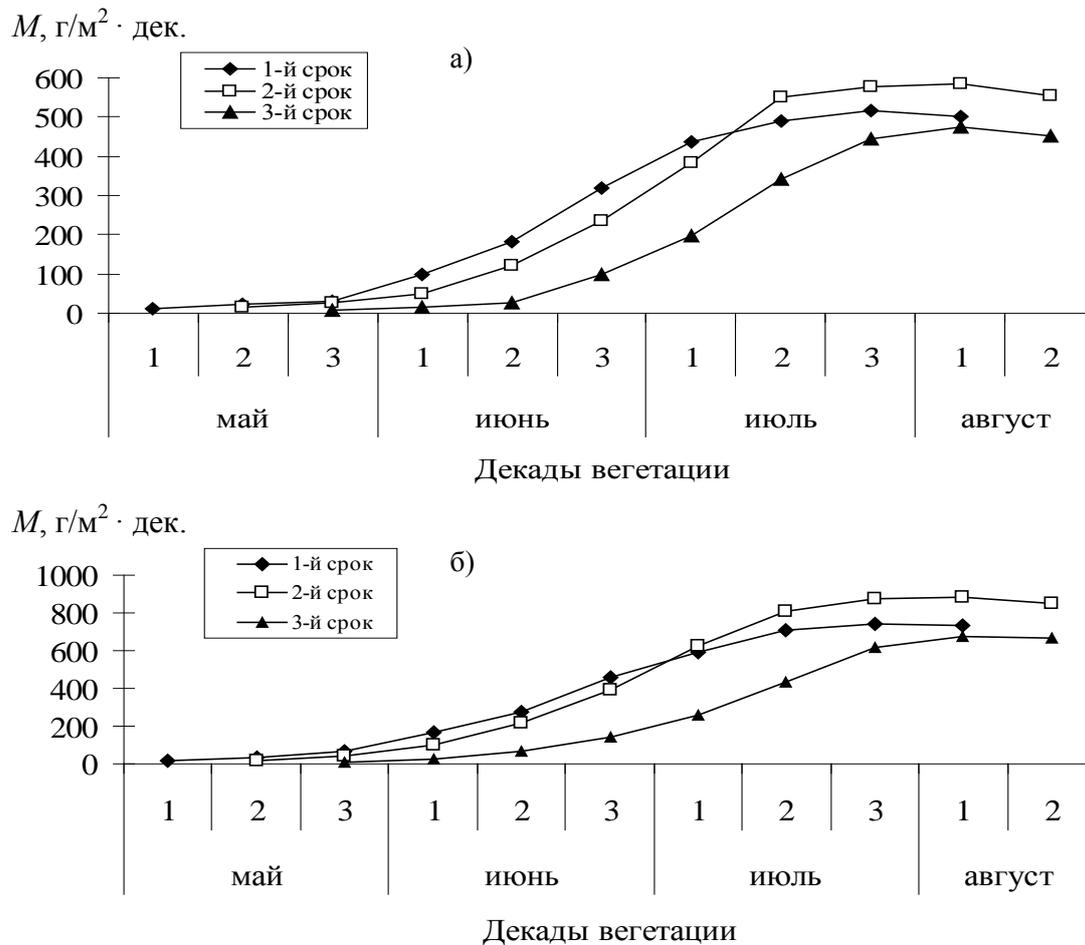


Рис. 1 – Динамика накопления общей сухой биомассы (M) растений сои за период вегетации при разных сроках сева в 2009 году (а), в 2010 году (б):

Начальная биомасса растений на 1 м^2 в 2009 году при раннем сроке сева составляла 13 г/м^2 , при среднем сроке – 15 г/м^2 , при позднем – 9 г/м^2 . На дату созревания конечная сухая биомасса составляла соответственно $490, 554, 451 \text{ г/м}^2$ (рис. 1а). В 2010 году начальная биомасса растений на 1 м^2 составляла при раннем сроке сева 17 г/м^2 , при среднем сроке – 20 г/м^2 , при позднем – 11 г/м^2 . На дату созревания конечная сухая биомасса составляла соответственно $733, 849, 670 \text{ г/м}^2$ (рис. 1б). Таким образом, различие в величине биомассы за указанные годы по трем срокам сева составили $243, 295, 229 \text{ г/м}^2$ соответственно.

Урожайность сельскохозяйственных растений определяется, прежде всего, размерами ассимилирующей поверхности, продолжительностью и интенсивностью ее работы. Рассмотрим динамику изменения площади листовой поверхности (L) растений сои при трех сроках сева 2009-2010 гг. (рис. 2).

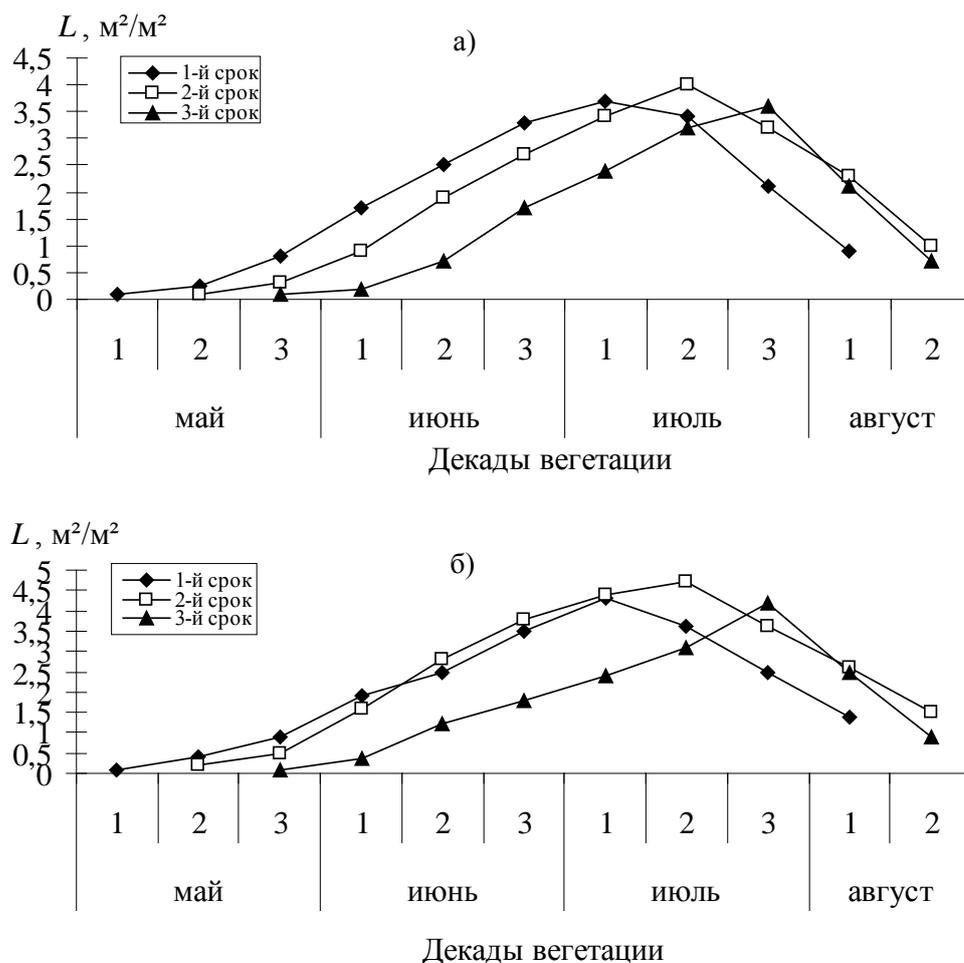


Рис. 2 – Динамика изменения площади листовой поверхности (L) растений сои за период вегетацию при разных сроках сева в 2009 году (а), в 2010 году (б):

Из рис. 2 видно, что в течении вегетации четко выражен период с более интенсивным нарастанием площади листовой поверхности. В начальные периоды развития растений сроки сева незначительно влияют на формирование площади листьев сои. Однако, начиная с фазы ветвления, площадь листа увеличивается. Максимальное нарастание площади листьев в 2009 и в 2010 годах приходится на фазу массового цветения. Так при раннем сроке сева в 2009 году (рис.2а) максимальное значение площади листьев составило $3,9 m^2/m^2$, при среднем сроке сева – $4,1 m^2/m^2$, при позднем сроке сева – $3,6 m^2/m^2$. В 2010 году (рис. 2б) максимальное значение площади листьев раннем сроке сева составило $4,3 m^2/m^2$, при среднем сроке сева – $4,7 m^2/m^2$, при позднем сроке сева – $4,2 m^2/m^2$. Затем площадь листьев к моменту налива семян быстро снижается в связи с пожелтением и отмиранием нижних листьев и к концу полной спелости семян листья опадают.

Результатирующим показателем продукционного процесса является чистая продуктивность фотосинтеза ($ЧПФ$), которая позволяет учесть не только темпы образования органического вещества на единицу листовой поверхности, но и потери органического вещества в результате процесса дыхания, отмирания и опадания части листьев в течении вегетации. Динамика чистой продуктивности фотосинтеза сои в 2009-2010 годах представлена на рис. 3.

Как видно из рис. 3, величины $ЧПФ$ изменяются в течении вегетационного периода. В первые декады вегетации $ЧПФ$ повышается, так как в начале вегетации растения не затеняют друг друга, все листья хорошо освещены. В дальнейшем, с увеличением площади листьев, $ЧПФ$ начинает уменьшаться в связи с ухудшением условий освещенности нижних листьев. Из рис. 3 (а, б) видно, что падение и рост кривых хода $ЧПФ$ у растений сои наблюдаются в одни и те же периоды. Так в 2009 году (рис. 3а) резкое падение $ЧПФ$ наблюдается в третьей декаде

июня при сроках сева, сумма осадков в данный период была равна нулю. Рост ЧПФ приходится на декады с максимальным количеством осадков (2-я декада июня и 1-я декада июля). Наиболее высокие значения ЧПФ составляют 5,0 г/м²·декаду (ранний), 5,3 г/м²·декаду (средний) и поздний срок – 4,2 г/м²·декаду.

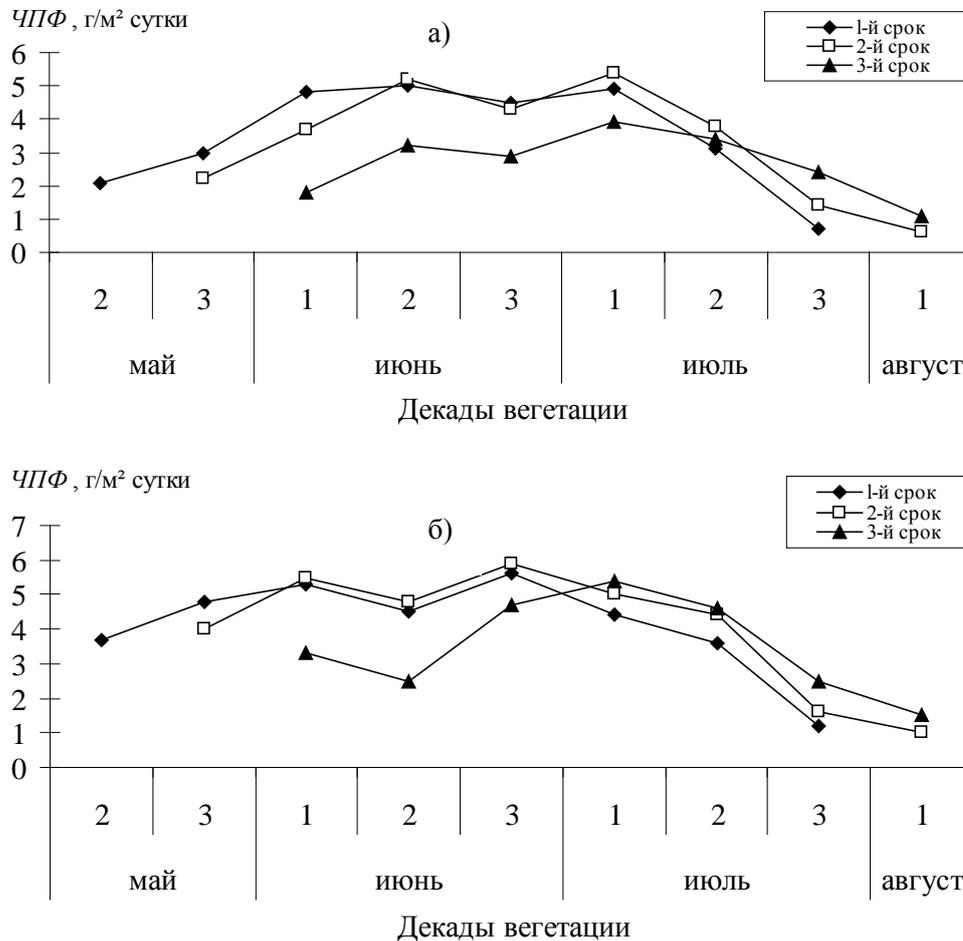


Рис. 3 – Динамика изменения чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) посевов сои за период вегетацию при разных сроках сева в 2009 году (а), в 2010 году (б):

В 2010 году (рис. 3б) резкое падение ЧПФ наблюдается во второй декаде, в период, когда сумма осадков также была равна нулю. Рост ЧПФ приходится на декады с максимальным количеством осадков. В первые декады вегетации во всех трех случаях также как и в 2009 году наблюдается интенсивный рост ЧПФ. Наиболее высокие значения ЧПФ составляют 5,6 г/м²·декаду (ранний), 5,9 г/м²·декаду (средний) и 5,4 г/м²·декаду (поздний).

Так, в результате выполненной работы, можно дать количественную оценку влияния сроков сева на основные показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах и урожай зерна сои. Результаты расчета представлены в табл. 1.

Так, в 2009 году при раннем сроке сева (11.04) максимальное значение фотосинтетического потенциала за декаду составило 36 м²/м², при среднем сроке сева (27.04) – 38 м²/м², при позднем сроке (11.05) – 35,1 м²/м². Значение фотосинтетического потенциала за весь период вегетации составило 179 м²/м² и соответствует раннему сроку сева, при среднем и позднем сроках сева – 188 м²/м² и 144 м²/м² соответственно. Максимальное значение чистой продуктивности фотосинтеза при разных сроках сева составило 5,0 м²/м², 5,3 м²/м² и 4,2 м²/м² соответственно. Максимальная площадь листьев при раннем сроке сева составила 3,9 м²/м², при среднем и позднем сроке сева – 4,1 м²/м² и 3,6 м²/м² соответственно. Наибольший урожай сухой биомассы при уборке в 2009 году наблюдался при среднем сроке сева и составил 554 г/м², а урожай зерна – 82 г/м².

Таблица 1 – Показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах и урожайность культуры сои при разных сроках сева (за 2009 и 2010 гг.)

Участок	Срок сева	Максимальная площадь листьев, м ² /м ²	Максимальная чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² · декаду	Максимальное значение фотосинтетического потенциала за декаду, м ² /м ²	Фотосинтетический потенциал за период вегетации, м ² /м ²	Густота стояния растений на м ²	Урожай	
							сухой биомассы, г/м ²	зерна, г/м ²
2009 год								
Ранний	11.04	3,9	5,0	36,0	179	22	490	76
Средний	27.04	4,1	5,3	38,0	188	25	554	82
Поздний	11.05	3,6	4,2	35,1	144	20	451	67
2010 год								
Ранний	15.04	4,3	5,6	40,3	205	32	733	142
Средний	25.04	4,7	5,9	45,7	250	36	849	161
Поздний	5.05	4,2	5,4	40,0	164	30	670	124

В 2010 году при сроках сева (15.04, 25.04, 5.05) максимальные значения фотосинтетического потенциала за декаду составили 40,3 м²/м², 45,7 м²/м², 40,0 м²/м² соответственно. Фотосинтетический потенциал за весь период вегетации при этих сроках сева составил соответственно 205 м²/м², 250 м²/м², 164 м²/м². Максимальные значения чистой продуктивности фотосинтеза при соответствующих сроках сева составили 5,6 м²/м², 5,9 м²/м², 5,4 м²/м² и максимальная площадь листьев - 4,3 м²/м², 4,7 м²/м², 4,2 м²/м² соответственно. Наибольший урожай сухой биомассы при уборке наблюдался при среднем сроке сева и составил 849 г/м², а урожай зерна - 161 г/м².

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для получения высокой продуктивности посевов необходимо как наиболее быстрое формирование оптимальной площади листьев, так и создание условий для их продолжительной работы.

Выводы. В результате выполненной работы нами было рассмотрено влияние агрометеорологических условий на фотосинтетическую продуктивность посевов сои. Дана сравнительная оценка по трем участкам с различными сроками сева. Так оптимальным сроком сева сои является третья декада апреля (средний срок сева).

Список литературы

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Ничипорович А.А., Строгонова Л.Е., Чмора С.Н., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. – М.: Изд. АН СССР, 1961. – 136 с.
3. Соя /Под ред. В.Б. Енкина. – М.: Издательство с.-х. литературы, журналов и плакатов, 1963. – 33 с.
4. Тур Н.С., Загоруйко А.А. Агроэкологические основы возделывания сои: Учебное пособие. Краснодар, МГАУ, 1994. - 444с.
5. Holaday A.S., Chollet R. Photosynthetic/photorespiratory characteristics of C₃-C₄ intermediate species. Photosynth, 1984. - С. 307-323.
6. Sharkey T.D. Estimating the rate of photorespiration in leaves. Physiol. Plant. 73: 147-152.
7. Zelitch I. (1971) Photosynthesis, photorespiration, and plant productivity. - Acad. Press, New York-London, 1988. - 247 p.

Вплив агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність посівів сої Польовий А.М., Толмачова А.В.

У роботі розглядається вплив агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність посівів сої. Визначена чиста продуктивність фотосинтезу рослин сої за міжфазними періодами розвитку.

Ключові слова: соя, площа листя, фотосинтез, міжфазовий період, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу.

Influence of agrometeorological conditions on the photosynthetic productivity of soya Polevoy A., Tolmachova A.

The influence of agrometeorological conditions on photosynthetic productivity of soya is under consideration in the paper. Net productivity of the photosynthesis of soya plants was determined by interphase periods of development.

Keywords: soya, leaf area index, photosynthesis, interphases periods, photosynthetic potential, net productivity of the photosynthesis.