

**Н.В. Сиряк, ас.**

*Одесский государственный экологический университет*

## **ДИНАМИКА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КУЛЬТУРЫ ПРОСА**

*Показана динамика нарастания площади листов проса по межфазным периодам развития растений. Определена чистая продуктивность фотосинтеза растений проса по межфазным периодам развития. Установлено зависимость фотосинтетической продуктивности растений проса от размеров листовой поверхности.*

**Ключевые слова:** просо, площадь листьев, фотосинтез, чистая продуктивность фотосинтеза, межфазные периоды.

**Введение.** Просо – культура засухоустойчивая, короткого светового дня, быстро вегетирует. И поэтому его высевают на юге часто, как повторную (пожнивную) культуру. Его засухоустойчивость и жаростойкость позволяют формировать неплохой урожай в условиях, когда другие культуры погибают от засухи или дают крайне низкие урожаи. Просо – страховая культура. Даже в неблагоприятные годы урожайность проса была 10 и более ц/га [1].

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 на реакцию агротехнических приемов выращивания той или иной культуры.

Поскольку просо является культурой, которая по нынешним экстремальным погодным условиям часто стает страховой для пересева, как озимых, так и ранних зерновых, то исследования фотосинтеза, в частности ее чистой продуктивности является очень актуальным вопросом. Чистая продуктивность фотосинтеза находится в прямой зависимости от урожайности, что позволяет установить потенциал продуктивности у соответствующих условиях выращивания.

Получение высоких, запланированных урожаев проса, выдвигает условия к формированию оптимальной площади листьев как основного органа фотосинтеза, из-за которого растение проявляет свои потенциальные возможности.

Тимирязев К.А. писал, что зеленый лист или точнее, микроскопическое зеленое зерно хлорофилла есть фокусом, точкой в мировом пространстве, в которую из одного конца течет энергия солнца, а с другого – берут начало все проявления жизни на Земле [2].

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.

Просо как представитель культур типа  $C_4$  обладает очень высокой продуктивностью и повышенной устойчивостью к воздействию неблагоприятных условий среды обитания и представляет несомненный интерес в изучении фотосинтетической деятельности [3–5].

**Материалы и методы исследований.** Полевой эксперимент проводился в 2008 году. В течение 2008 года проводилась обработка методики определения ряда биометрических параметров растительного покрова. В качестве опытной культуры

было выбрано просо, районирование в степной зоне Украины. Программа полевого опыта наряду со стандартными метео- и агрометеорологическими наблюдениями, включала в себя проведение ряда специфических биометрических наблюдений. Сухая масса растений определялась еженедельно, начиная с даты всходов проса. Для этого в четырех местах участков трех кратной повторности выкапывались по 20 растений. Отбирались растительные пробы и после этого у растений отрезались корни и отделялась мертвая масса, в которую входят отмершие части растений: сухие листья с влагищами или их усохшие части, отмершие побеги и стебли. Взвешивалась мертвая и общая живая масса пробы. Умножением этих величин на густоту определялись живая и мертвая сырая масса на  $1 \text{ м}^2$  посева. На трех участках (ранний, средний, поздний) производился детальный разбор растительной пробы на фитоэлементы: листья, стебли, метелки. Определение процента сухого вещества в отдельных фитоэлементах пробы производилось путем высушивания небольшой навески (не менее 20 г) фитоэлементов до абсолютного сухого состояния. Сушка проб проводилась в течение первого часа при температуре  $100-105 \text{ }^\circ\text{C}$ , а в дальнейшем – при  $70-80 \text{ }^\circ\text{C}$  и продолжалась до того момента, когда масса при последующем взвешивании меняется не более чем на 0,1 г. Процент сухого вещества рассчитывался путем деления сухой массы элемента на сырую массу. Расчет сухой массы элемента в г на единицу площади посева производился путем умножения сырой массы элемента в г на  $1 \text{ м}^2$  посева на процент сухого вещества в нем [6].

Площадь ассимилирующей поверхности листьев определялась с помощью весового метода [7]. С помощью метода высечек определялась удельная поверхностная площадь листьев ( $\sigma_l$ ): у листа отсекались основание и кончик (приблизительно  $1/6$  части от длины листа), затем измерялась его длина по жилке  $l_l$  ширина в средней части  $d_l$ . Площадь прямоугольной или трапециевидной высечки  $S_l$  определялась по формуле

$$S_l = l_l \cdot d_l.$$

Для определения  $\sigma_l$  размер пробы должен составлять не менее 40 высечек. Сразу после взятия высечки взвешивались,  $\sigma_l$  рассчитывалась по формуле

$$\sigma_l = \frac{m_{40l}}{\sum_{n=1} S_l},$$

где  $m_{40l}$  - масса 40 высечек, г.

Площадь ассимилирующей поверхности листьев на единице площади посева  $L$  рассчитывалась путем деления массы листьев на единице площади  $m_l$  на  $\sigma_l$

$$L = \frac{m_l}{\sigma_l}.$$

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) характеризует интенсивность фотосинтеза посева и представляет собой количество сухой массы растений в граммах, которое синтезирует  $1 \text{ м}^2$  листовой поверхности за сутки.

Чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывали по выражению

$$\text{ЧПФ} = \frac{Uc_1 - Uc_2}{0,5(L_1 + L_2)T},$$

где  $Uc_1$  и  $Uc_2$  – биомасса растений в изучаемые стадии развития, ц/га [8].

Фотосинтетический потенциал посевов проса тесно связан как с площадью листовой поверхности, так и с продолжительностью тех или иных фенологических фаз:

чем более продолжительный период времени листовая поверхность растений остается в функциональном состоянии, тем выше темпы продукционных процессов в растении. По мнению А. А. Ничипоровича, ФП должен составлять не менее 2 млн м<sup>2</sup>/га в сутки в расчете на каждые 100 дней фактической вегетации [9].

Фотосинтетический потенциал определяли следующим образом

$$ФП = \frac{Л_1 + Л_2}{2} T,$$

где  $Л_1$  и  $Л_2$  – площадь листовой поверхности в определяемые стадии развития, тыс. м<sup>2</sup>/га;  $T$  – длительность межфазного периода, дни;

В данной статье перед нами ставится задача количественно оценить влияние различных сроков сева на формирование площади листьев.

**Результаты следования и их анализ.** Опыты проводились на наблюдательных участках учебной агрометеорологической лаборатории Одесского государственного экологического университета (АМЛ, ОГЭКУ) в с. Черноморка.

В 2008 году даты сева проса наблюдались 24.04 (ранний), 4.05 (средний) и 14.05 (поздний), а даты созревания соответственно 24.07, 6.08 и 26.08. Продолжительность вегетационного периода – 96 дней (ранний), 94 дня (средний) и 104 дня (поздний).

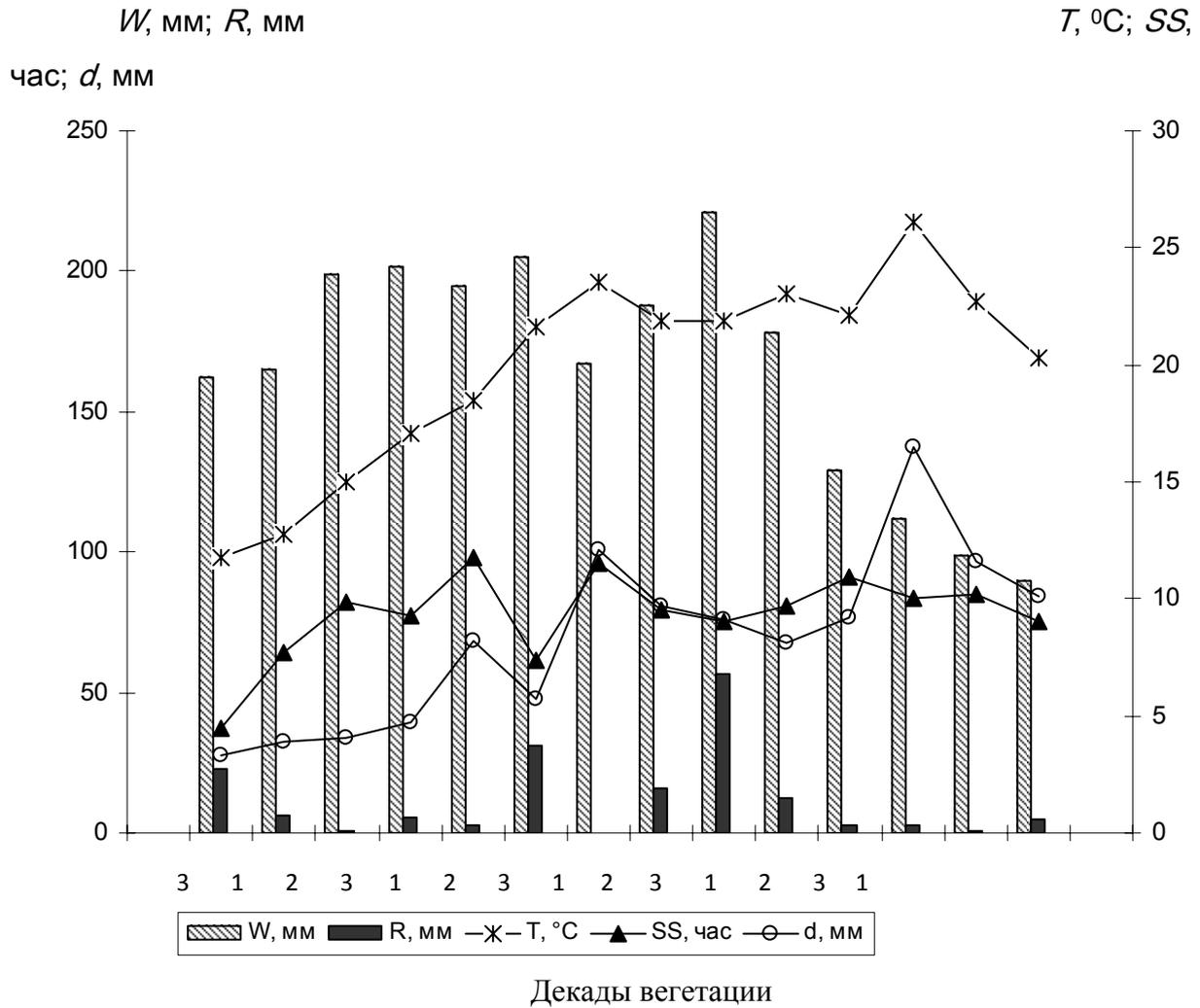
Метеорологические условия данного года были благоприятными для выращивания проса. Нумерация декад начинается с третьей декады апреля. Так на дату сева температура воздуха составила 11,8 °С, (ранний срок), 12,8 °С (средний) и 15,0 °С (поздний). Осадки соответственно составили 22,8 мм, 6,4 мм и 0,8 мм (рис. 1). Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см при раннем сроке на дату сева составили 162 мм, при среднем - 165 мм и при позднем – 199 мм. Дефицит насыщения влажности воздуха составил 3,3 мм (ранний), 3,9 мм (средний) и 4,1 мм (поздний). Число часов солнечного сияния за период вегетации проса при раннем сроке в среднем 4,5, средний - 7,7, поздний – 9,9.

На конец вегетации при раннем сроке температура воздуха составила 23,0 °С, при среднем – 22,1 °С и 22,7 °С при позднем сроке. Осадки 12,7 мм (средний), 3,0 мм (средний), 0,5 мм (поздний). Запасы продуктивной влаги соответственно – 178 мм, 129 мм и 99 мм. Дефицит насыщения воздуха на дату созревания составил – 8,1 мм (ранний), 9,2 мм (средний), 11,6 мм (поздний). Число часов солнечного сияния – 9,7 при раннем сроке, 10,9 при среднем и 10,2 при позднем сроке.

В течении вегетации максимальных значений температура воздуха достигла в третьей декаде июня и составила 23,5 °С. Сума осадков за весь период вегетации составила 155 мм (ранний), 135 мм (средний), 131 мм (поздний). Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см в течении вегетации в среднем составили 188 мм, 201 мм и 193 мм.

Основной показатель, характеризующий состояние посевов с точки зрения их фотосинтетической деятельности, – развитие поверхности листьев (площадь листовой поверхности по фазам роста и развития растений), – оказывает непосредственное влияние на накопление биомассы растений в процессе вегетации [10].

Основную часть ассимиляционной поверхности составляют листья, именно в них осуществляется фотосинтез. Фотосинтез может происходить и в других зеленых частях растений – стеблях, осях, зеленых плодах и т.п., однако вклад этих органов в общий фотосинтез обычно небольшой. Принято сравнивать посевы между собой, а также различные состояния одного посева в динамике по площади листьев, отождествляя ее с понятием “ассимиляционная поверхность” [9].



$W_{0-100}$  – запасы влаги в слое 0-100 см,  $R$  – сумма осадков за декаду,  $T$  – среднедекадная температура воздуха,  $SS$  – среднедекадное число часов солнечного сияния,  $d$  – среднедекадное значение дефицита насыщения влажности воздуха.

Рис. 1 - Агрометеорологические условия периода вегетации проса в Одесской области в 2008 году, ст. Черноморка.

Посев представляет собой оптическую систему, в которой листья поглощают ФАР. В начальный период развития растений ассимиляционная поверхность невелика и значительная часть ФАР проходит мимо листьев, не улавливается ими. С повышением площади листьев увеличивается и поглощение ими энергии солнца.

Рассмотрим динамику площади листьев проса при трех сроках сева. Из рис. 2 видно, что в течении вегетации четко выражен период с более интенсивным нарастанием площади листовой поверхности. Динамика площади листьев в посеве подчиняется определенной закономерности. Во всех трех сроках после появления всходов площадь листьев медленно повышается, затем темпы нарастания увеличиваются. К моменту прекращения образования боковых побегов и роста растений в высоту площадь листьев достигает максимальной за вегетацию величины, затем начинает постепенно снижаться в связи с пожелтением и отмиранием нижних листьев.

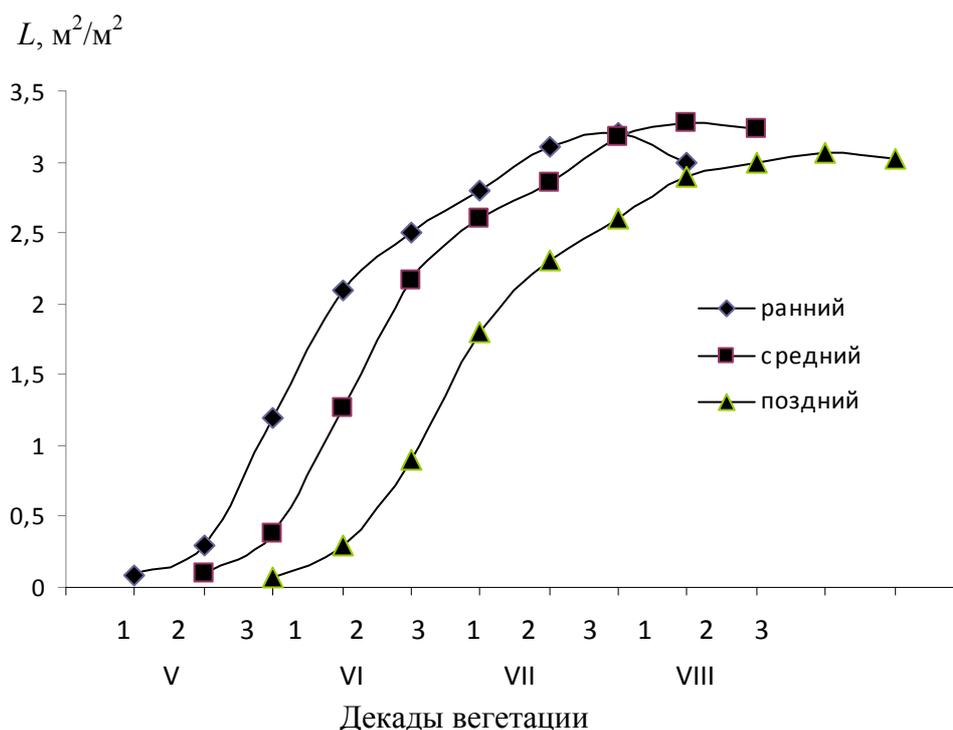


Рис. 2 – Динамика изменения площади листовой поверхности (L) растений проса по декадам.

Результаты исследований динамики роста площади листьев проса приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Площадь листьев проса по фазам развития, м²/м² (за 2008 год)

Фазы развития Сроки сева	Фазы развития					
	Кущение	Стебление	Выметывание метелки	Цветение	Формирование зерен	Созревание и уборка
Ранний	1,2	2,1	2,5	3,1	3,2	3,0
Средний	1,3	2,2	2,6	3,2	3,3	3,2
Поздний	0,9	1,8	2,3	2,9	3,0	3,0

Анализ результатов исследований показывает, что в фазу кущения площадь листьев незначительна. В фазе стеблевания эти показатели оказались высшими. На протяжении периода формирования зерен – созревание и уборка начался процесс отмирания листьев нижних ярусов. В связи с этим во всех трех вариантах исследований уменьшились площади ассимилирующей поверхности.

Так при раннем сроке сева (рис. 2) площадь листьев в фазе кущения составила 1,2 м²/м², при среднем – 1,3 м²/м², при позднем 0,9 м²/м². Максимальных значений площадь листьев достигла в фазе формирования зерен и составила 3,2 м²/м², 3,3 м²/м², 3,1 м²/м².

Прирост общей площади листьев проса по фазам роста и развития представлен в табл. 2.

При рассмотрении посева как фотосинтезирующей системы урожай сухой массы, создаваемый за вегетационный период, или его прирост за определенный период зависит от величины средней площади листьев, продолжительности периода и чистой продуктивности фотосинтеза за этот период.

Таблица 2 – Динамика приростов площади листовой поверхности проса по фазам развития,  $\text{м}^2/\text{м}^2\cdot\text{декаду}$

Фазы развития Сроки сева	Кущение	Стеблевание	Выметывание метелки	Цветение	Формирование зерен	Созревание и уборка
Ранний	0,9	0,9	0,4	0,3	0,1	-0,2
Средний	0,9	0,9	0,4	0,3	0,1	-0,1
Поздний	0,6	0,9	0,5	0,3	0,1	-0,04

Результирующим показателем продукционного процесса является чистая продуктивность фотосинтеза, 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 течение вегетации [11].

ЧПФ варьирует в течение вегетации. 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 уменьшением количества осадков. Из рис. 3 видно, что падение и рост кривых хода ЧПФ наблюдаются в одни и те же периоды. Резкое падение ЧПФ наблюдается в третьей декаде июня, где сумма осадков была равна нулю. Рост ЧПФ приходится на декады с максимальным количеством осадков (2-я декада июня и 2-я декада июля). Средняя температура воздуха в эти периоды составляет 21,6 и 21,9 °С.

Как видно из рис. 3, величины ЧПФ изменяются в течении вегетационного периода проса. В первые декады вегетации во всех трех случаях наблюдается интенсивный рост ЧПФ. Наиболее высокие значения ЧПФ составляют 8,3  $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$  (ранний), 8,5  $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$  (средний) и поздний срок – 7,6  $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$ .

Так, в результате выполненной работы мы можем дать количественную оценку влияния сроков сева на основные показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах и урожай зерна проса. Представленные в табл. 3 данные позволяют сделать следующие выводы. При среднем сроке сева наблюдались максимальные показатели фотосинтетической деятельности растений, так максимальная площадь листьев составила 3,3  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , урожай сухой биомассы при уборке составил 943  $\text{г}/\text{м}^2$ , а урожай зерна 437  $\text{г}/\text{м}^2$ . Минимальное значение фотосинтетического потенциала соответствует позднему сроку сева и составило 30  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , а наибольшее – среднему сроку (32,6  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ). Густота растений по трем участкам была практически одинаковой – 61-69 растений на 1  $\text{м}^2$ . При раннем и позднем сроках сева показатели фотосинтетической деятельности значительно меньше. Максимальная площадь листьев на этих участках составила 3,2 и 3,1  $\text{м}^2/\text{м}^2$ . Полученные урожаи зерна имеют значительную разницу – 425  $\text{г}/\text{м}^2$  (ранний), 437  $\text{г}/\text{м}^2$  (средний) и 354  $\text{г}/\text{м}^2$  (поздний). Максимальные значения чистой продуктивности фотосинтеза за вегетацию составили при раннем сроке сева 8,3  $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$ , при позднем – 7,6  $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$  (табл. 3).

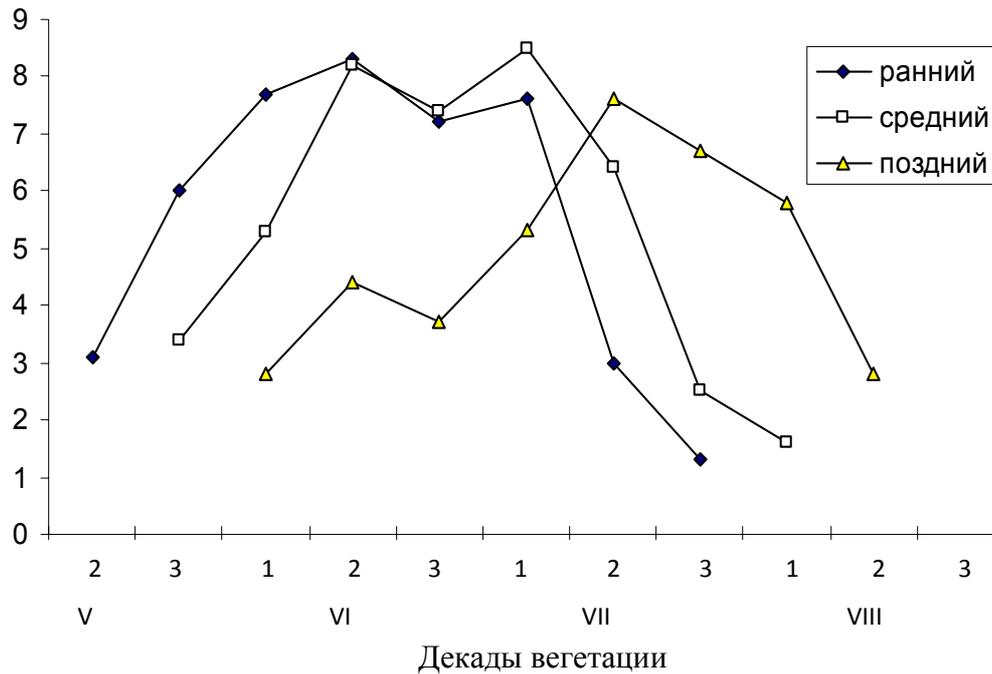
ЧПФ, г/м<sup>2</sup>·сутки

Рис. 3 - Динамика изменения чистой продуктивности фотосинтеза растений проса по декадам.

**Выводы.** В результате выполненной работы нами было изучено влияние агрометеорологических условий на формирование площади листьев в посевах проса. Дана сравнительная оценка по трем участкам с различными сроками сева. Так оптимальными сроками сева проса могут быть периоды с 24 апреля по 14 мая. Vegetационный период проса зависит от сроков сева и составляет 94-104 дня. Полученные результаты показали, что ранние и поздние сроки сева при менее благоприятных агрометеорологических условиях приводят к снижению площади листьев, а также в свою очередь ведет к потерям урожая. Также можно сделать вывод, что для получения высокой продуктивности посевов необходимо как наиболее быстрее сформировать оптимальную площадь листьев и создать условия для их продолжительной работы.

Таблица 3 – Влияние сроков сева на основные показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах и урожай проса (за 2008 год)

Участок	Срок сева	Площадь листьев, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> максимальная	Чистая продуктивность фотосинтеза, максимальная, г/м <sup>2</sup> · сутки	Фотосинтетический потенциал, максимальны, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Густота посева, растений на м <sup>2</sup>	Урожай сухой биомассы проса при уборке, г/м <sup>2</sup>	Урожай зерна, г/м <sup>2</sup>
Ранний	24.04	3,2	8,3	31	67	930	425
Средний	4.05	3,3	8,5	33	69	943	437
Поздний	14.05	3,1	7,6	30	61	830	354

### Список литературы

1. Просвиркина А.Г. Гидрометеорология. Сер. Метеорология. Обзорная информация. – Л: Гидрометеиздат, 1985. Вып. 4. -28 с.
2. Тимирязев К.А. Жизнь растений. – М., 1978. – 245 с.
3. Carberry P.S. The grown and development of pearl millet as affected by photoperiod / P.S. Carberry, L. C. Campbell // Field Crops Res. – 1985. – Vol. 11. – P. 207–218.
4. Onnisch Lunich L. Light – dependent uptake of private bumesophyll cloroplasts of a Cuplant (Panicum milliaceum L.) L. Onnisch Lunich, Kanai Ruz/Plant and Cell Phisiology.–1987.– Vol. 28. – N 2. – P. 249–251.
5. *Quantitative relationships* for the dependence of growth rate of arable crops on their nitrogen content, dry weight and derail environ- Quantitative relationships for the dependence of growth rate of arable crops on their nitrogen content, dry weight and derail environment / E. A. N. Greenwood [et al.] // Plant and Soil. – 1996. – Vol. 91. – N 13. – P. 281–302.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Польовий А.М. Методи експериментальних досліджень в агрометеорології: Навчальний посібник. – Одеса, Вид-во «ТЭС», 2003. – 246 с.
8. *Методическое руководство* по исследованию смешанных агрофитоценозов / Н.А. Ламан [и др.] / Под ред. Н. А. Ламана. – Минск: Наука і тэхніка, 1996. – 101 с.
9. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев.– М.: Издо АН СССР, 1956.–С. 22.
10. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений /Т.Н. Кулаковская; сост. Л.П. Детковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 31-34.
11. Коломейченко В.В. Использование показателей продукционного процесса в земледелии, растениеводстве и селекции. // Земледелие. – 2007. – № 5. – С. 6–7.

#### **Динаміка фотосинтетичної продуктивності культури проса. Сіряк Н.В.**

*Показана динаміка наростання площі листків проса за міжфазними періодами розвитку рослин. Визначено чисту продуктивність фотосинтезу рослин проса за міжфазними періодами розвитку. Встановлено залежність фотосинтетичної продуктивності рослин проса від розмірів листової поверхні.*

**Ключові слова:** просо, площа листя, фотосинтез, чиста продуктивність фотосинтезу, міжфазні періоди.

#### **The dynamic of photosynthesis development of millet. Siryak N.**

*It is shown the dynamics of growth of millet leaves surface after the interphase periods of plants developments. Clean productivity of photosynthesis of plants of millet was determined after the interphase periods of development. By experimental researches definite dependence the productivity of photosynthesis of plants millet on the sizes of leaves surface.*

**Key words:** millet, leaves surface, photosynthesis, clean productivity of photosynthesis, interphase periods.