

УДК 633.88: 631.95

## ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНАЯ РАДИАЦИЯ КАК КОМПОНЕНТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА АГРОЦЕНОЗА НА ПРИМЕРЕ ПЛАНТАЦИИ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ

*Пикуленко О.В.*

Рассмотрены подходы к изучению энергетического баланса агроценоза. На примере многолетней плантации эхинацеи пурпурной показано влияние агротехнических приемов выращивания на коэффициент использования фотосинтетически активной солнечной радиации растением.

Ключевые слова: энергетический баланс, агроценоз, эхинацея пурпурная, фотосинтетически активная радиация.

### ВВЕДЕНИЕ

В процессе фотосинтеза энергия солнечного луча переходит в энергию растительной биомассы. Формирование урожая растений напрямую связано с интенсивностью фотосинтеза, которая зависит от радиационного режима, влагообеспеченности посевов и посадок и обеспеченности элементами питания, которые регулируются агротехническими приемами выращивания.

В полевых условиях плантация (ценоз) как совокупность растений на единице площади представляет собой сложную динамическую саморегулирующуюся фотосинтезирующую систему. Эта система многокомпонентная, и ее части можно рассматривать как подсистемы; она динамическая, так как постоянно меняет свои параметры во времени; саморегулирующаяся, так как несмотря на разнообразные воздействия, изменяет свои параметры определенным образом, поддерживая гомеостаз [1].

Условия для максимальной продуктивности отдельного растения и ценоза как системы не совпадают. Например, для агроценоза оптимизация урожайности связана с загущением растений, тогда как для отдельно взятого растения увеличение площади питания и связанное с этим увеличение площади питания позволяет повысить его биологическую, в частности – семенную, продуктивность.

Как отмечалось выше, энергия, накапливаемая в сельскохозяйственных растениях, образуется в процессе фотосинтетической деятельности, на активность которой оказывает существенное влияние энергия, вкладываемая трудом человека с помощью сельскохозяйственной техники, удобрений и других ресурсов. Очевидно, что энергетический баланс агроценоза, в отличие от природного биоценоза, имеет существенную антропогенную составляющую.

Задача повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники, углеводородного топлива, электрической энергии, удобрений и других средств вызывает необходимость тщательного измерения энергии, накапливаемой в урожае сельскохозяйственных культур, общих (совокупных) затрат энергии, вкладываемых в производство, и проведения биоэнергетической оценки технологий

производства растениеводческой продукции [2], то есть сведение энергетического баланса агроценоза.

Биоэнергетическая оценка подразумевает определение соотношения количества энергии, аккумулируемой в урожае сельскохозяйственных культур в процессе фотосинтеза, и совокупных затрат энергии, вкладываемых в производство продукции растениеводства.

Процесс управления формированием урожая довольно сложный, так как растения в ценозе, изменяясь в процессе вегетации, взаимодействуют с другими сложными системами – микроорганизмами почвы, возбудителями болезней, сорняками, вредителями. Такие факторы среды как температурный режим, осадки можно учесть лишь в плане ориентировки на среднесезонные данные [3], но контролировать практически невозможно. Однако на основании анализа природно-климатических факторов можно подобрать сорта, адаптированные к конкретным условиям, разработать технологию их выращивания. Многие факторы поддаются регулированию, например почвенное плодородие, минеральное питание, есть возможность воздействовать на сорняки, вредителей, болезни. Управление процессом формирования урожая ведут на основе систематического контроля за развитием растений и направления хода фотосинтетической деятельности посевов в соответствии с заранее заданными параметрами [1].

#### **ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНАЯ РАДИАЦИЯ.**

Необходимое условие фотосинтеза – энергия солнечной радиации. Следует создавать такие посевы и посадки, в которых листья поглощали бы энергию солнца с максимально возможным коэффициентом полезного действия для создания наибольшей биомассы и сосредоточения ее в хозяйственно ценной части урожая (у хихинации пурпурной это корневища с корнями).

В процессе фотосинтеза принимает участие не вся солнечная энергия, а только видимая ее часть – фотосинтетически активная радиация (ФАР) с длиной волн от 380 до 720 нм (нанометр или миллимикрон) [1]. Энергия ФАР составляет около 50% общей энергии солнечной радиации. Инфракрасная часть солнечного спектра, составляющая также 50% общей энергии солнца, не участвует в фотохимических реакциях фотосинтеза. Эти лучи поглощаются почвой, от которой нагреваются приземный слой воздуха и сами растения, при этом усиливаются транспирация и испарение влаги с поверхности почвы. Количество ФАР, падающее на единицу поверхности почвы, зависит от географической широты и представлено в соответствующих справочниках в виде среднесезонных и среднедекадных показателей.

Объективным показателем величины урожая (высокий, средний, низкий) может служить коэффициент использования ФАР (К фар). Хорошие урожаи соответствуют 2-3% использования ФАР. При выращивании сортов интенсивного типа и оптимизации всех процессов формирования урожая возможна аккумуляция в урожае от 3,5 до 5,0% фотосинтетически активной радиации и более [1].

Структура фотосинтезирующей листовой поверхности может не соответствовать оптимальной для фотосинтеза площади листьев, что может

привести к радиационному голоданию даже при достаточной теплообеспеченности [4]. Задачей исследований было обоснование оптимальной структуры посевов и посадок эхинацеи пурпурной – лекарственного растения, сырье которого пользуется повышенным спросом.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Наблюдения за фитоклиматом и режимом солнечной радиации проводилась в сроки прохождения растением основных фенологических фаз развития – стеблевания, бутонизации, цветения – в июле-августе. По аналогии с эфиромасличными и другими культурами [5, 6, 7], измерения основных составляющих радиационного баланса делали над и под растениями. Использовали технические средства измерения в походном варианте: аспирационный психрометр (измерялись температура и влажность воздуха), люксметр (освещенность); актинометрическая пара альбедометр на штанге с кардановым подвесом + гальванометр (параметры радиационного режима).

Формирование фитоклимата, особенно температуры и влажности воздуха в посевах, транспирация и фотосинтез происходят под влиянием режима солнечной радиации. Для расчёта притока фотосинтетически активной радиации (ФАР или Q<sub>ф</sub>) над растениями использовали формулу:

$$Q_{\text{ф}} = 0,43 S_1 + 0,57D,$$

где S<sub>1</sub> – прямая солнечная радиация, равная разности суммарной (Q) и рассеянной (D) радиации. Поглощённую растениями суммарную радиацию (Q<sub>аи</sub>) рассчитывали по формуле:

$$Q_{\text{аи}} = Q - R_1 - Q_{\text{тп}} + Q_{\text{рп}}, \text{ где}$$

Q – суммарная солнечная радиация, падающая на растительный покров (РП);

R<sub>1</sub> – отраженная от РП радиация;

Q<sub>тп</sub> – радиация, проникающая к почве;

Q<sub>рп</sub> – радиация, отраженная от почвы под растительностью.

По этой же формуле рассчитывали поглощение ФАР (или Q<sub>аф</sub>), с той разницей, что всю проходящую радиацию (Q) учитывали с коэффициентом 0,5, отраженную R с 0,2 [20].

Коэффициент поглощения интегральной радиации для одного ряда рассчитывали по формуле:

$$a_{\text{аи}} = Q_{\text{аи}} / Q_{\text{а}},$$

а поглощение ФАР (K или a<sub>аф</sub>) по формуле:

$$a_{\text{аф}} = Q_{\text{аф}} / Q_{\text{ф}},$$

где Q<sub>аф</sub> – поглощенная ФАР, Q<sub>ф</sub> – проходящая ФАР над растениями (по аналогии с Q<sub>аи</sub> и Q<sub>а</sub> – для интегральной солнечной радиации).

Гидротермический коэффициент, характеризующий соотношение тепла и влаги в годы проведения измерений, свидетельствует о разнообразии агроклиматического фона исследований: в 2001-2002 с.-х. г. он составлял 0,93 (типичный год), в 2002- 2003 с.-х г. 0,58 (засушливый год), в 2003-2004 г. 1,65 (нетипичный влажный год).

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

По данным таблиц 1 и 2 видно, что в острозасушливых условиях 2002-2003 лет

**ПИКУЛЕНКО О.В.**

внесение удобрений не всегда сопровождалось ростом поглощения ФАР. Так, в 2003 г.  $K_{\text{фар}}$  на вариантах с дозами удобрений  $N_{60}P_{60}$  и  $N_{90}P_{90}$  был одинаков, даже меньше, чем на контроле.

Таблица 1  
Коэффициент поглощения ФАР 2-летними растениями эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench), 2002 г. (посадка сеянцами).

Вариант дозы удобрения	Площади питания, повторности							
	(А) 30x60 см				(Б) 20x60 см			
	I	II	III	средн.	I	II	III	средн.
1-я серия измерений (фаза стеблевания)								
Контроль (без удобрений)	0,841	0,765	0,805	0,804	0,865	0,866	0,831	0,854
$N_{60}P_{60}$	0,786	0,857	0,845	0,829	0,801	0,820	0,806	0,809
2-я серия измерений (фаза бутонизации)								
Контроль (без удобрений)	0,790	0,833	0,821	0,815	0,743	0,816	0,836	0,798
$N_{60}P_{60}$	0,765	0,800	0,830	0,798	0,846	0,789	0,825	0,820
3-я серия измерений (фаза массового цветения)								
Контроль (без удобрений)	0,846	0,809	0,881	0,845	0,882	0,858	0,861	0,867
$N_{60}P_{60}$	0,883	0,820	0,858	0,854	0,858	0,816	0,840	0,838

Таблица 2  
Коэффициент поглощения ФАР 2-летними растениями эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench), 2002-2003 гг. (посев 2001 и 2002 гг).

Вариант удобрения		Нормы высева, повторности							
		8 кг/га				12 кг/га			
		I	II	III	средн.	I	II	III	средн.
Контроль (безудобрений)	2002	-	-	-	-	0,646	0,740	0,695	0,694
	2003	0,852	0,817	0,822	0,840	0,883	0,909	0,868	0,887
	в среднем по годам					0,765	0,825	0,782	0,791
$N_{60}P_{60}$	2002	-	-	-	-	0,811	0,778	0,815	0,801
	2003	0,905	0,883	0,887	0,891	0,864	0,901	0,855	0,873
	в среднем по годам					0,838	0,840	0,835	0,837
$N_{90}P_{90}$	2002	-	-	-	-	-	-	-	-
	2003	0,782	0,863	0,913	0,853	0,855	0,863	0,900	0,873

Результаты измерения коэффициента поглощения фотосинтетически активной радиации ( $K_{\text{фар}}$ ) на 3-м году вегетации представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНАЯ РАДИАЦИЯ КАК КОМПОНЕНТ ...**

Коэффициент поглощения ФАР 3-летними растениями эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench), 2003 г. (посадка сеянцами весной 2001 г.)

Вариант удобрения	Схема посадки, повторности							
	(А) 30х60 см				(Б) 20х60 см			
	I	II	III	средн	I	II	III	средн.
Контроль (без удобрений)	0,901	0,910	0,919	<b>0,910</b>	0,893	0,900	0,899	0,897
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0,804	0,923	0,876	0,868	0,918	0,831	0,930	0,893

Таблица 4

Коэффициент поглощения ФАР 3-летними растениями эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench), 2004 гг. (посев 2002 г.)

Вариант удобрения	Нормы высева, повторности							
	8 кг/га				12 кг/га			
	I	II	III	средн	I	II	III	средн
1-я серия измерений (фаза стеблевания)								
Контроль (без удобрений)	0,894	0,916	0,875	0,895	0,921	0,893	0,900	0,905
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0,954	0,920	0,942	<b>0,939</b>	0,917	0,896	0,940	0,918
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0,958	0,907	0,894	0,920	0,930	0,925	0,935	<b>0,930</b>
2-я серия измерений (фаза бутонизации)								
Контроль (без удобрений)	0,831	0,919	0,897	0,882	0,946	0,905	0,886	0,912
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0,800	0,930	0,937	0,889	0,826	0,940	0,931	0,899
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0,905	0,944	0,948	0,932	0,820	0,896	0,930	0,882
3-я серия измерений (фаза массового цветения)								
Контроль (без удобрений)	0,893	0,909	0,897	0,900	0,916	0,901	0,899	0,905
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	0,919	0,913	0,921	<b>0,918</b>	0,929	0,926	0,877	0,911
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	0,912	0,900	0,913	0,908	0,913	0,944	0,933	<b>0,930</b>

По данным таблицы 4, коэффициент поглощения ФАР трехлетними растениями эхинацеи в фазу бутонизации на варианте с нормой высева 12 кг/га несколько меньше, чем при 8 кг/га, т.к. на загущенном варианте, из-за большего количества растений на погонный метр, формируются менее разветвленные побеги с мелкими листьями. Однако, при участии минеральных веществ удобрений, к фазе массового цветения биомасса (и, следовательно, – площадь листовой поверхности) увеличивается, Кфар возрастает, что позволяет назвать сочетание нормы высева 12 кг/га с дозой удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> оптимальным для данной культуры.

**ВЫВОДЫ**

Результаты исследований поглощения ФАР эхинацей показали, что:

1. В удобренных загущенных посевах коэффициент поглощения ФАР

больше, т.е. структура фотосинтезирующей листовой поверхности рациональнее.

2. Оптимальным является посев нормой высева 12 кг/га на фоне внесения азотно-фосфорных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}$  по д.в.

#### Список литературы

1. Гастаулина Г.Г. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах// Растениеводство/ Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Корнев Г.В. и др. – М.: Колос, 1997. – С. 39-46.
2. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1983. – 46 с.
3. Савчук Л.П. Климат предгорья Крыма и эфириносы. – Симферополь, 2006. – 76 с.
4. Савчук Л.П., Покрыщенко В.Н., Сырык Н.П., Карпова Г.Я., Плехун О.В. Формирование фитоклимата и активной фотосинтезирующей поверхности некоторых лекарственных растений агроприёмами// Научные труды КГАУ. Сельскохозяйственные науки. – Вып.78.- Симферополь, 2002. – С. 16-21
5. Амирджанов А.Т. Солнечная радиация и продуктивность виноградника. – Л.: Гидрометиздат, 1980. – 208с.
6. Ксендз А.Т., Покрыщенко В.Н., Савчук Л.П. Регулирование фитоклимата как средство обоснования компонентов совмещённых посевов// Метеорология и гидрология.- №8, 1981. – С.97-101.
7. Савчук Л.П., Меркушева Ю.П. Радиационный режим и влажность почвы при различных приёмах возделывания розы сорта Радуга// Труды ВНИИЭМК. – т. XVIII, 1987. – С. 114-125.

#### ***Пікуленко О.В. Фотосинтетично активна радіація як компонент енергетичного балансу агроценозу на прикладі плантації ехінацеї пурпурної.***

Розглянуто підходи до вивчення енергетичного балансу агроценозу. На прикладі багаторічної плантації ехінацеї пурпурної показаний вплив агротехнічних прийомів вирощування на коефіцієнт використання фотосинтетично активної сонячної радіації рослиною.

**Ключові слова:** енергетичний баланс, агроценоз, ехінацея пурпурна, фотосинтетично активна радіація.

#### ***Pikulenko O.V. Photosynthesis active radiation as a component of power balance of an agricultural vegetative community on example of Echinacea purpurea (L.) Moench plantation.***

Approaches to studying power balance of agricultural vegetative community are considered. On an example of a long-term plantation of Echinacea purpurea (L.) Moench influence of agrotechnical receptions of cultivation on operating ratio photosynthesis is shown to active solar radiation by a plant.

**Key words:** power balance, Echinacea purpurea (L.) Moench, photosynthesis active radiation.

*Статья поступила в редакцию 25.07.2008 г*