

БИОПОТЕНЦИАЛ АГРОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Н.В. АБРАМОВ,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор,
Тюменская ГСХА, г. Тюмень

Ключевые слова: производительность агроэкосистем,
энергетический потенциал почвы, чернозём, гумус.

В настоящее время сельхозпроизводитель ставит для себя задачу – получение максимально возможного объема сельскохозяйственной продукции от основного средства производства – матушки земли, объясняя свое желание вознаграждением за вложенный труд. С экономической точки зрения данный подход можно понять, но с этической возникает вопрос: а способно ли природное тело – почва и сельскохозяйственное растение вознаградить хлебопашца, имеется ли у них потенциал для этого? Одновременно следует проследить при ведении хозяйства различного уровня интенсивности сохранение экологического равновесия агроэкосистемы.

Максимально возможную (потенциальную) продуктивность агроценозов определяют условия фотосинтеза, в процессе которого солнечная энергия преобразуется в химическую энергию при создании органического вещества.

В лесостепной зоне Западной Сибири суммарная радиация за вегетационный период яровых зерновых культур оценивается в 20766 гДж/га, из которой фотосинтетическая активная радиация составляет 10341 гДж/га. По данным А.Ф. Неклюдова (1997), коэффициент использования ФАР в Западной Сибири не превышает 2%, в посевах хорошего состояния по А.А. Ничипоровичу, коэффициент использования ФАР увеличивается до 3%. Остальная часть солнечной энергии, попадающая на растение, распределяется следующим образом: на отражение – 10%, пропускание – 10%, переход в теплоту – 35%, использование на транспирацию – до 43%.

Приход фотосинтетической активной радиации в течение года меняется (см. табл.1).

Сумма ФАР за вегетационный период сельскохозяйственных культур характеризует потенциал солнечной энергии, который может обеспечить получение определённого количества

продукции данной культуры.

У каждой культуры свои начало и конец вегетационного периода, когда она использует селективно солнечную энергию. Вегетационный период яровых культур учитывается с момента всходов до уборки, для многолетних и озимых культур также с момента всходов до уборки, на период с 1 октября до 24 апреля, когда температура воздуха ниже +5°C не учитывается.

Период вегетации яровой пшеницы нами взят с 1 июня до 1 сентября, поступление ФАР (энергетический потенциал яровой пшеницы) за данный период составил 8610 гДж/га (Н.В. Абрамов, Г.П. Селюкова, 2001 г.).

При расчете потенциального уровня основной продукции для культур, возделываемых в условиях северной лесостепи Тюменской области, необходимо стремиться, чтобы коэффициент использования фотосинтетической активной радиации для зерновых культур достигал 3%. Реальность такого использования ФАР показана на практике в условиях юга Тюменской области. Так, на отдельных полях Заводовского ОПХ при высоком уровне агротехники возделывания урожайность яровой пшеницы Тюменская-80 составляла 6,4 т/га.

Используя формулу

$$Y_{\text{биол.}} = \frac{Q_{\text{ФАР}} \cdot K_{\text{ФАР}}}{100g}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{биол.}}$ – урожай сухой органической массы, ц/га; $Q_{\text{ФАР}}$ – приход ФАР за период вегетации культуры, гДж/га; $K_{\text{ФАР}}$ – коэффициент использования ФАР, %; g – калорийность единицы урожая, гДж/га, можно сделать расчёт потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур (М.К. Каюмов, 1989).

Потенциальная урожайность зерна яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Северного Зауралья составляет 137,5 ц/га.

Таблица 1

Сумма фотосинтетической активной радиации, гДж/га
(М.Д. Павлова, 1984)

Месяцы	ФАР	Месяцы	ФАР	Месяцы	ФАР
Январь	340	Май	2930	Сентябрь	1420
Февраль	710	Июнь	3230	Октябрь	710
Март	1720	Июль	3030	Ноябрь	380
Апрель	2350	Август	2350	Декабрь	210



625003, г. Тюмень,
ул. Республики, 7;
тел. 8 (3452) 46-16-43;
e-mail: acadagro@tmn.ru

$$Y_{\text{биол.}} = \frac{8610 \text{ гДж/ц} \cdot 3\%}{100\% \cdot 1,878 \text{ гДж/ц}}$$

В настоящее время аграрии Тюменской области ставят задачу получить урожай зерновых 25 ц/га, что составляет лишь 18,2% потенциальной продуктивности агроценоза.

Одними из важных факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных растений, являются влага и элементы питания. В лесостепной зоне Северного Зауралья часто лимитирующим фактором при получении высокого урожая сельскохозяйственных культур становится влагообеспеченность.

Действительно возможный урожай агроценозов определяется по формуле:

$$Y_{\text{биол.}} = \frac{100 \cdot W_1}{K_w}, \quad (2)$$

где W_1 – ресурсы продуктивной влаги, мм; K_w – коэффициент водопотребления, мм/т.

Ресурсы продуктивной влаги определяются как сумма запасов продуктивной влаги в метровом слое к моменту посева (W_n) и эффективно используемые осадки от посева до созревания (W_o). По нашим данным, для яровой пшеницы, размещённой после кукурузы, в метровом слое до посева накапливается 175 мм продуктивной влаги. За период её вегетации выпадает 240 мм осадков, количество эффективно используемых осадков составило 70% от выпавших, т.е. 168 мм. Ресурсы продуктивной влаги составляли 343 мм. За 15 лет исследований расход влаги на 1 ц зерна яровой пшеницы составил 8,5 мм и при средней фактически полученной урожайности 35 ц/га коэффициент водопотребления составил 297,5. Действительно возможный урожай абсолютно сухой биомассы составил 11,53 т/га, а зерна, приведённого к 14% влажности, – 5,36 т/га. Недополучение зерна 1,86 т/га объясняется тем, что другие составляющие формирования продуктивности агроценоза не были в опти-

**Productivity of
agroecosystems, soil energy
potential, chernozem, gumus.**

мальному значению для растений, в первую очередь это сбалансированный режим питания, т.к. минеральные удобрения вносили из расчета на урожайность яровой пшеницы 3,5 т/га при потенциале используемых сортов 5,0-7,0 т/га.

Однако и внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность яровой пшеницы не всегда приносит должный эффект. За период с 1995 по 2001 годы урожайность яровой пшеницы существенно варьировала, все запланированные урожаи (30, 40, 50 и 60 т/га) были получены лишь в 1995, 1997 и 2001 годы (табл.2).

В 1998 г. максимальная урожайность яровой пшеницы составила лишь 2,21 т/га, что объясняется негативными последствиями засухи в период кущения зерновых. Вероятность получения урожайности зерна яровой пшеницы свыше 5–6 т/га в условиях лесостепной зоны Северного Зауралья составляет 42%, в остальные годы лимитирующим фактором получения высоких урожаев является влага и температурный режим. При этом следует отметить, что наибольшая рентабельность выращивания яровой пшеницы была при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 и 4,0 т/га, так как полученное зерно оценивалось как семенное, и фактически полученный уровень продуктивности, в среднем за годы исследований, был близок к планируемому. Дальнейшее увеличение нормы NPK привело к снижению рентабельности производства зерна яровой пшеницы до 30,1-27,7%, а окупаемость одного килограмма минеральных удобрений снизилась в 1,4-2,7 раза.

Важным показателем биопотенциала агроэкосистем является состояние плодородия почвы, критерием оценки которого общепризнано содер-

жание и запасы органического вещества. Почвенный покров, как компонент биосферы, представляет собой универсальный земной аккумулятор и экономный распределитель наиболее ценной для поддержания жизни части энергии, связанной в гумусе и необходимой для обмена и круговорота веществ в природе.

Основным источником поступления энергии в почву является солнечная радиация. Вся поверхность Земли получает в год $21 \cdot 10^{20}$ Дж тепла. Основная часть этой энергии расходуется на формирование климата и океанических течений, от 0,5 до 5% используется фотосинтезирующими организациями. В естественных ландшафтах на почвообразование расходуется от 8 кДж/см² в тундрах и до 287 кДж/см² в год в тропиках. В естественных условиях затраты солнечной энергии на почвообразование определяются радиационным балансом, величиной относительного увлажнения и продуктивностью сельскохозяйственных посевов. Запас энергии в биомассе суши в целом составляет $6,15 \cdot 10^{19}$ кДж и гумусовой оболочке Земли – $5,33 \cdot 10^{19}$ кДж (В.И. Савич, А.М. Керимов, А.В. Болтенков, 1994).

Наши данные свидетельствуют о том, что при длительном сельскохозяйственном использовании почв (1968-2006 гг.) усиливаются процессы дегумификации, происходит трансформация гумусовых веществ и их перераспределение по почвенному профилю. В итоге энергозапасы пахотных почв существенно отличаются от целинных. Расчеты по биоэнергетике органического вещества проводились согласно методике Д.С. Орлова, Л.А. Гришиной (1981 г.) по формуле:

$$Q_{C_{общ}} = 891,7 \cdot C_{общ} \cdot H \cdot d$$

где $Q_{C_{общ}}$ – запасы энергии в гумусе, млн ккал/га;

$C_{общ}$ – содержание органического углерода в почве, %;

H – мощность почвенного слоя, м;

d – плотность сложения, г/см³;

891,7 – показатель перерасчета в млн ккал/га.

Запасы энергии, аккумулированные в гумусе в метровом слое чернозема выщелоченного на целине в 1968г., составил 2737,6 млн ккал/га, основная часть приходится на слой 0-50 см, где энергия органического вещества составляет 2475,3 млн ккал/га – 90% от общих запасов энергии, сосредоточенных в метровом слое. В слое 0-30 см $Q_{C_{общ}}$ составили 1754,4 млн ккал/га, что соответствовало 64% запасов энергии органического вещества. За годы исследований на целинном участке запасы энергии в метровом слое существенно не изменились.

Запасы энергии органического вещества в метровом слое на пашне в 1990 году уменьшились на 595 млн ккал, или на 21,7% относительно 1968 года. Снижение запасов энергии органического вещества в 2006 г. также отмечено, но только в слое 0-20 см.

Установленная закономерность объясняется гумусным состоянием почвы и его распределением по профилю (табл.3).

Соответственно распределению гумуса в профиле исследуемого чернозема изменялись и его запасы. В слое 0-20 см они достигли 217-227 т/га, в слое 0-50 см – 440-450 т/га и около 500 т/га в метровой толще.

Гумус и фитоценоз существуют в едином экологическом ритме, в котором ведущая роль принадлежит растительности как источнику органического вещества в почвенном профиле. В результате распашки целины в 1968 году резко снизилось количество и качество поступающих растительных остатков. При смене естественной растительности на агроценоз изменяется ритм процесса гумификации вследствие несоответствия периодов поступления растительной биомассы и интенсивности микробиологической деятельности в течение периода биологической активности. После распашки чернозема выщелоченного и дальнейшего его использования содержание гумуса к 2006 г. снизилось на 2,3% в 0-10 см слое, на 1,8% – в слое 10-20 см относительно целины 1968 г. Для решения вопросов агроэкологического равновесия агроценозов в условиях Северного Зауралья учеными Тюменской государственной сельскохозяйственной академии разработаны ресурсосберегающие технологии (оптимизация структуры посевных площадей, дифференцированная система основной и предосновной обработки почвы, сбалансированная система удобрений и защита растений и т.д.), которые способны обеспечить реализацию биопотенциала агроценозов.

Таким образом, для современного уровня науки, разработки технологий

Таблица 2

Урожайность яровой пшеницы, т/га

Годы	Без удобрений (контроль)	NPK на 3,0 т/га	NPK на 4,0 т/га	NPK на 5,0 т/га	NPK на 6,0 т/га
1995	3,22	4,15	4,85	5,67	6,32
1996	27,3	3,50	3,85	3,95	3,95
1997	2,26	3,20	4,12	4,87	5,87
1998	1,53	1,73	2,21	1,99	1,78
1999	1,92	2,47	3,18	3,42	3,83
2000	1,67	3,18	3,94	4,56	4,32
2001	1,97	3,26	4,35	5,62	6,67
среднее	2,19	3,07	3,79	4,30	4,68

НСР для частного различия – 0,47.

НСР по фактору А (год) – 0,211.

НСР по фактору В (варианты) – 0, 178.

НСР по взаимодействию АВ – 0,178.

Таблица 3

Глубина, см	Целина				Пашня		
	1968 г.	1990 г.	2006 г.	НСР ₀₅	1990 г.	2006 г.	НСР ₀₅
0-10	10,8	11,1	10,9	0,95	9,7	8,5	0,24
10-20	10,5	10,7	10,8	0,77	9,6	8,7	0,42
20-30	7,1	8,6	8,6	0,81	6,8	7,0	0,50
30-50	5,2	5,9	5,6	0,42	5,2	5,4	0,35
50-70	1,0	1,3	1,1	0,07	0,9	1,0	0,08
70-90	0,5	0,5	0,5	0,04	0,6	0,5	0,02
90-110	0,2	0,2	0,2	0,03	0,2	0,2	0,02

Агрономия

возделывания сельскохозяйственных культур биоэнергетическая модель определения потенциальной продуктивности является единственно возможной концепцией количественного анализа агро- и экосистем. исходя из потенциальных природных возможностей. В условиях лесостепной зоны Се-

верного Зауралья потенциальная продуктивность яровой пшеницы по ФАР составляет 137,5 т/га зерна, действительно возможная урожайность по средней многолетней влагообеспеченности – 5,36 т/га. При этом, используя ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных

культур, обеспечивается воспроизводство плодородия почв.

На основе многолетних исследований предложена биоэнергетическая модель формирования продуктивности агроценоза в северной лесостепи Северного Зауралья при условии сохранения плодородия почв.

Литература

1. Абрамов Н. В., Селюкова Г. П. Производительность агроэкосистем. Тюмень, 2001. 48с.
2. Каюмов М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. М. : Агропромиздат, 1989. 137 с.
3. Неклюдов А. Ф. Энергетическая оценка сельскохозяйственных культур / Особенности возделывания кормовых культур в Западносибирском регионе: Сб. науч.тр. Омск : ОмГАУ, 1997. С. 43-47.
4. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. М. : Изд-во МГУ, 1981. 287 с.
5. Павлова М. Д. Практикум по сельскохозяйственной метеорологии. М. : Гидрометеиздат, 1984. С.10-27.
6. Савич В. И., Керимов А. М., Болтенков А. В. Энергетика плодородия почв // Аграрная наука. 1994. № 5. С. 17-20.