

---

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ  
ПОСЕВОВ РАЗНЫХ ВИДОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ  
В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

---

**Надежда Владимировна Подлесных**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Важнейшей задачей сельскохозяйственной отрасли в настоящее время является повышение продуктивности возделываемых культур, в том числе и озимой пшеницы, которая является основной зерновой культурой в нашей стране. Объем растениеводческой продукции можно повысить, расширив посевные площади или увеличив продуктивность фотосинтеза. В условиях лесостепи ЦЧР проведены исследования фотосинтетических аспектов продуктивности посевов следующих сортов трех видов озимой пшеницы: Дончанка (твердая), Донской янтарь (тургидная), Безенчукская 380 (мягкая). Опыты проводили на полях Воронежского госагроуниверситета в 2005/06-2007/08 гг. по общепринятой в ЦЧР технологии возделывания. Фотосинтетический потенциал (ФСП) определяли по методике А.А. Ничипоровича. Результаты полевых опытов показали, что по площади листьев и ФСП тургидная и твердая пшеницы уступали на 14-21% мягкой пшенице. Площадь листьев твердой и тургидной пшеницы достигала максимальных значений в фазе цветения – соответственно 20 548 и 22 483 м<sup>2</sup>/га. У изучаемых видов пшеницы ФСП находился в прямой корреляционной зависимости с показателем «площадь листьев». ФСП озимой мягкой пшеницы составил 1874 тыс. м<sup>2</sup> × дн./га, что на 248 тыс. м<sup>2</sup> × дн./га больше по сравнению с твердой и на 389 тыс. м<sup>2</sup> × дн./га – с тургидной пшеницей. В период колошения – цветения показатель «чистая продуктивность фотосинтеза в день» достигал своего максимума: (и у твердой, и тургидной пшеницы был больше по сравнению с мягкой на 0,25-0,89 г/м<sup>2</sup>, или на 3,6-13,0%. Прирост биомассы у озимой мягкой пшеницы за весенне-летний период был на 0,02-0,51 т/га больше по сравнению с твердой и тургидной пшеницей. Проведенные исследования имеют практическое значение, так как ФСП характеризует производительную способность растений в разные периоды вегетации и в целом за всю вегетацию.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** озимая мягкая пшеница, озимая твердая пшеница, озимая тургидная пшеница, фотосинтетический потенциал (ФСП), площадь листьев, прирост биомассы, чистая продуктивность фотосинтеза.

**PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF CROPS OF DIFFERENT TYPES  
OF WINTER WHEAT UNDER CONDITIONS OF THE FOREST STEPPE  
OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION****Nadezhda V. Podlesnykh**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

At present the most important goal of agriculture is to increase the productivity of cultivated crops including winter wheat, which is the main grain crop in Russia. The growth of plant products volume can be achieved by an extension of the area of cultivated lands or by an increasing the efficiency of photosynthesis. Under conditions of the forest steppe of the Central Chernozem Region the author has studied the productive aspects of photosynthesis of the following three cultivars of winter wheat: the Donchanka (hard type), the Donskoy Yantar (turgid type), and the Bezenchukskaya 380 (soft type). Experiments were conducted in the fields of Voronezh State Agrarian University in 2005/2006-2007/2008 using the standard technology of cultivation accepted in the Central Chernozem Region. The photosynthetic potential was determined by the technique of A.A. Nichiporovich. The results of field research showed that in terms of the area of leaves and photosynthetic potential turgid and hard types of wheat were 14-21% inferior to soft type. The area of leaves of hard and turgid types of wheat reached its maximum during the blossoming phase (20548 and 22483 m<sup>2</sup>/ha, respectively). The photosynthetic potential of the studied types of wheat was in the direct correlation dependence on the indicator of «area of leaves». The photosynthetic potential of winter soft wheat was 1874 thousand m<sup>2</sup> × days/ha, which is by 248 thousand m<sup>2</sup> × days/ha more compared to hard wheat and by 389 thousand m<sup>2</sup> × days/ha more compared to turgid wheat. During the period of earing and blossoming the indicator of «net productivity of photosynthesis per day» reached its maximum and was higher for hard and turgid wheat compared to soft wheat (by 0.25-0.89 g/m<sup>2</sup> or by 3.6-13.0%). The biomass gain of winter soft wheat over the spring and summer period was by 0.02-0.51 t/ha higher compared to hard and turgid wheat. The conducted studies are of practical importance, because the photosynthetic potential characterizes the producing ability of crops in different vegetation periods and over the whole vegetation.

**KEY WORDS:** winter soft wheat, winter hard wheat, winter turgid wheat, photosynthetic potential, area of leaves, biomass gain, net productivity of photosynthesis.

**Введение**

На современном этапе развития сельского хозяйства Российской Федерации важнейшей задачей является повышение продуктивности возделываемых культур, в том числе озимой пшеницы, которая является основной зерновой культурой в нашей стране. Повысить объем растениеводческой продукции можно двумя путями: первый – расширение посевных площадей и второй – увеличение продуктивности фотосинтеза. Вторым путем увеличения сборов растениеводческой продукции наиболее перспективный, так как получение высоких урожаев базируется на теоретических знаниях и практических разработках по изучению и выявлению новых закономерностей продукционного процесса, наиболее существенной стороной которого является фотосинтетическая деятельность растений, в которых 90-95% сухой биомассы составляют органические вещества, образуемые в процессе фотосинтеза [4, 5, 7-12, 15-17].

Целью данной работы явилось исследование фотосинтетических аспектов продуктивности посевов озимой твердой, тургидной и мягкой пшеницы в лесостепи Центрального Черноземья.

**Методика эксперимента**

Опыты проводили в 2005/06-2007/08 годах на полях опытного участка Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Воронежская область). В опыте общая площадь делянки составляла 58 м<sup>2</sup>, учетная – 52 м<sup>2</sup>. Делянки были размещены систематически в 4-кратной повторности.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое – 4,5 %, рН – 6,1-6,9, степень насыщенности основаниями – 74-76%, содержание обменного калия – 11,7-14,4 мг и подвижного фосфора – 7,3-11,8 мг на 100 г почвы.

Объектами исследования выбраны следующие сорта трех видов озимой пшеницы: твердая пшеница – сорт Дончанка, тургидная пшеница – сорт Донской янтарь, мягкая пшеница – сорт Безенчукская 380.

В соответствии с существующим севооборотом озимая пшеница была посеяна после чистого пара на глубину 5-6 см с нормой высева семян 5 млн шт./га обычным рядовым способом. Семена обеззараживали протравителем Винцит Форте в количестве 1 л/т.

Ранней весной была проведена подкормка аммиачной селитрой (30 кг д. в./га), в фазе выхода в трубку – листовая подкормка раствором мочевины (20 кг д. в./га). При достижении экономического порога вредоносности делали гербицидную (Калибр (40 г/га) + Гумат калия Суфлер (0,3 л/га), инсектицидную (Децис профи (40 г/га) и фунгицидную (Титус Дуо (0,32 л/га) обработки.

При наступлении полной зрелости зерна уборку проводили малогабаритным комбайном САМПО. Полученный урожай зерна пересчитывали на 100% чистоту и 14% влажность.

Показатели фотосинтетической деятельности определяли по А.А. Ничипоровичу [9].

**Результаты и их обсуждение**

В полевых опытах наибольшая площадь листьев (ПЛ) во все фазы развития была отмечена у озимой мягкой пшеницы (табл. 1).

**Таблица 1. Динамика площади листьев озимой твердой, тургидной и мягкой пшеницы (среднее за 2006-2008 гг.), м<sup>2</sup>/га**

Фаза развития	Вид озимой пшеницы		
	твердая	тургидная	мягкая
Весеннее кущение	7769	7798	7931
Выход в трубку	16957	15619	19550
Колошение	20818	19457	24766
Цветение	22483	20548	27265
Студенисто-жидкое состояние	16117	14928	20541
Восковая спелость	13188	11009	16297

Основную часть ассимиляционной поверхности посевов составляют листовые пластины растений, в которых осуществляется процесс фотосинтеза. Он может протекать и в других зеленых частях растений – зеленых плодах, осях, стеблях и т. п., но вклад этих органов в общий фотосинтез несколько меньше. Динамика ПЛ в посевах подчиняется определенной закономерности: с момента появления всходов ПЛ начинает медленно увеличиваться, затем темпы нарастают, и к моменту прекращения образования боковых побегов и роста растений в высоту ПЛ достигает максимальной величины за весь период вегетации.

Так, в наших опытах, начиная со времени возобновления весенней вегетации (ВВВВ), площадь листьев увеличилась: у твердой пшеницы – на 14 714 м<sup>2</sup>/га, у тургидной – на 12 750 м<sup>2</sup>/га, у мягкой пшеницы – на 19 334 м<sup>2</sup>/га, достигнув своего максимума в фазе цветения. У озимой мягкой пшеницы листовая поверхность в фазе цветения была наибольшей и составила 24 766 м<sup>2</sup>/га, что на 17,5% больше по сравнению с твердой и на 24,6% по сравнению с тургидной пшеницей.

Отметим, что увеличение листовой поверхности сверх определенного предела приводит к уменьшению коэффициента усвоения солнечной радиации и не дает эффективной прибавки урожая. Стабилизация и последующее уменьшение листовой поверхности после фазы цветения у озимой твердой, тургидной и мягкой пшеницы связаны с прекращением роста растений, пожелтением и постепенным отмиранием нижних стеблевых листьев из-за начала процесса реутилизации накопленных в них питательных веществ.

К концу вегетации в посевах озимой пшеницы отсутствуют зеленые части растений [2, 3, 11, 13, 15]. На протяжении трех лет исследований с фазы цветения до восковой спелости площадь листьев уменьшалась, но максимальной она оставалась у мягкой пшеницы и составила 16 297 м<sup>2</sup>/га, что соответственно на 19,1 и 32,4% больше по сравнению с твердой и тургидной пшеницей.

Наибольшая листовая поверхность на 1 га была отмечена у мягкой пшеницы, что объясняется большей плотностью ее посевов в период вегетации по сравнению с твердой и тургидной пшеницей (рис. 1).

Густота посевов, так же как и площадь листьев с 1 га, зависит от площади листьев на каждом растении. За годы проведения исследований средняя площадь листьев на растении варьировала по годам: у твердой пшеницы – от 24,2 до 41,2 см<sup>2</sup>/раст., у тургидной – от 25,8 до 36,4 см<sup>2</sup>/раст., у мягкой – от 22,8 до 46,9 см<sup>2</sup>/раст.

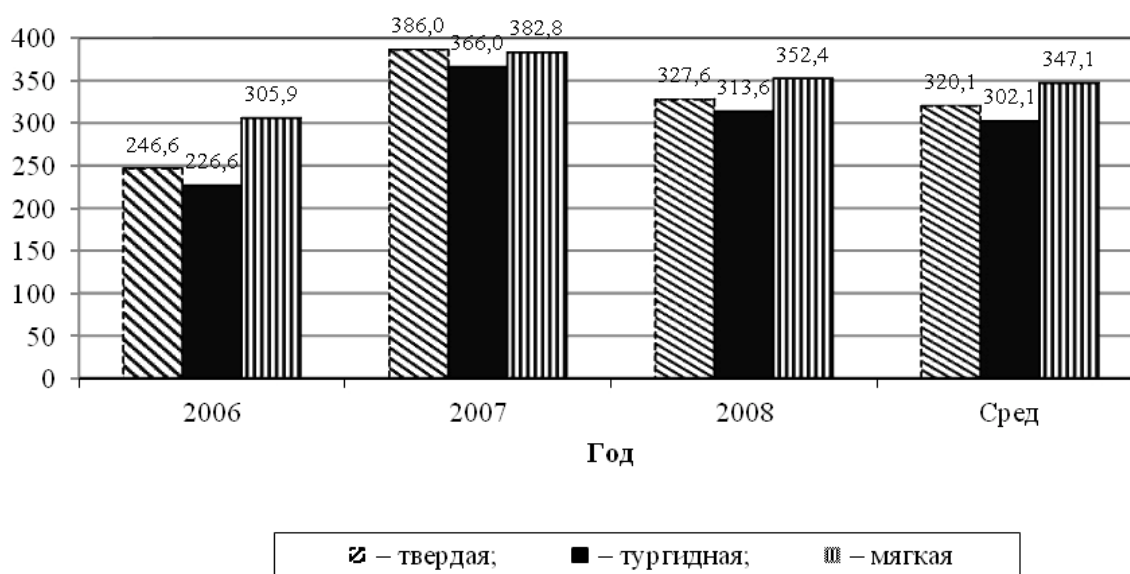


Рис. 1. Густота стояния растений в посевах озимой твердой, тургидной и мягкой пшеницы при возобновлении весенней вегетации (2006-2008 гг.)

В формировании фотосинтетической поверхности помимо листовой пластинки участвуют и листовое влагалище (стебель), и соцветие, и другие части растения, на долю которых у зерновых культур от общей зеленой поверхности приходится до 25-35%.

Показателем хода наращивания площади листьев в течение вегетации является фотосинтетический потенциал (ФСП) посева, который представляет собой сумму ежедневных показателей площади листьев за весь период вегетации. Фотосинтетический потенциал характеризует возможность использования посевами сельскохозяйственных культур солнечной энергии. 1000 единиц фотосинтетического потенциала формирует 2,5-3,0 кг зерна. Как отмечает А.А. Ничипорович, ФСП характеризует производительную способность растений как за разные периоды вегетации, так и в целом за всю вегетацию [5, 9, 14].

В среднем за годы исследований ФСП у мягкой пшеницы был лучшим и составил 1874 тыс. м<sup>2</sup> × дн./га., что на 248 тыс. м<sup>2</sup> × дн./га, или на 13,2%, больше, чем у твердой пшеницы (1626 тыс. м<sup>2</sup> × дн./га), и на 389 тыс. м<sup>2</sup> × дн./га, или на 20,8%, больше, чем у тургидной пшеницы (1485 тыс. м<sup>2</sup> × дн./га) (рис. 2).

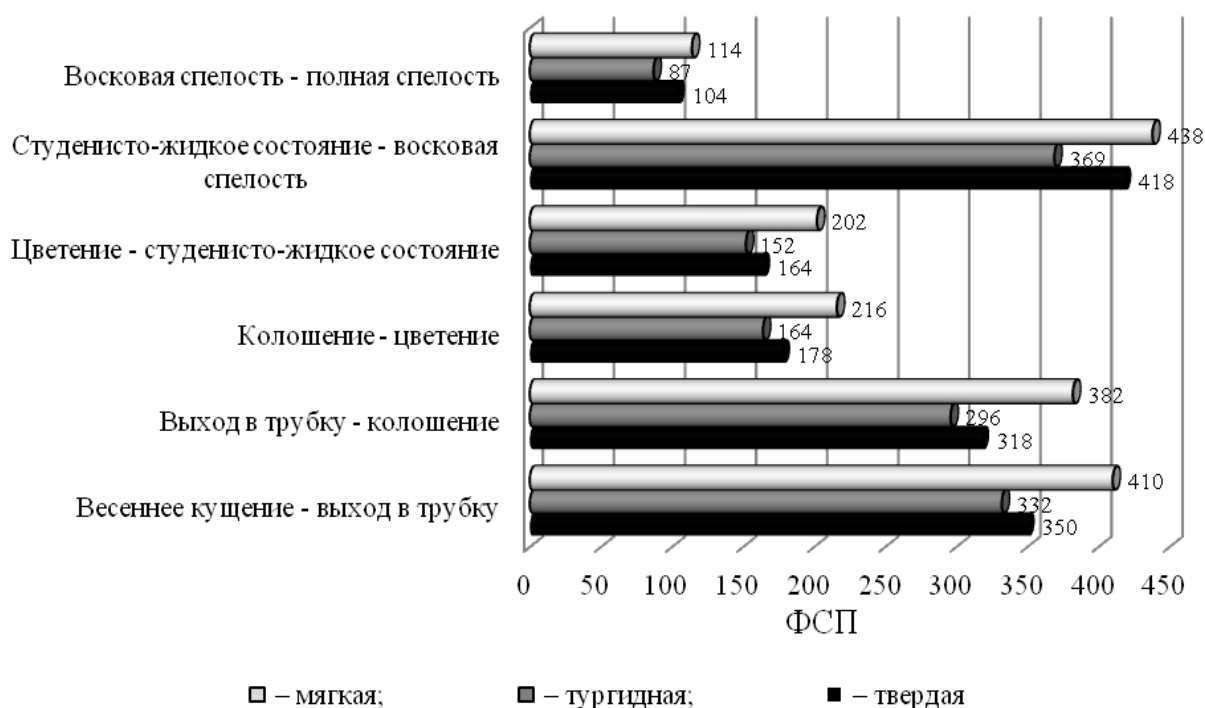


Рис. 2. Фотосинтетический потенциал за весь период вегетации исследуемых видов озимой пшеницы (среднее за 2006-2008 гг.), тыс. м<sup>2</sup> × дн./га

Отметим, что в течение всего весенне-летнего периода по фотосинтетическому потенциалу твердая и тургидная пшеницы значительно уступали мягкой, причем различия возрастали от фазы трубкования до созревания. Показатели ФСП твердой и тургидной пшеницы на 10,1-19,5% и 15,2-32,9% были ниже, чем у мягкой пшеницы.

Величина ФСП за определенный межфазный период зависит от количества дней данного периода и фотосинтетического потенциала за один день. По результатам наших исследований максимальный фотосинтетический потенциал, образующийся в течение одного дня, был зафиксирован в период от фазы колошения до фазы цветения и составил у твердой пшеницы 21,7 тыс. м<sup>2</sup>/га, у тургидной – 20,0 тыс. м<sup>2</sup>/га, у озимой мягкой пшеницы – 26,0 тыс. м<sup>2</sup>/га (рис. 3).

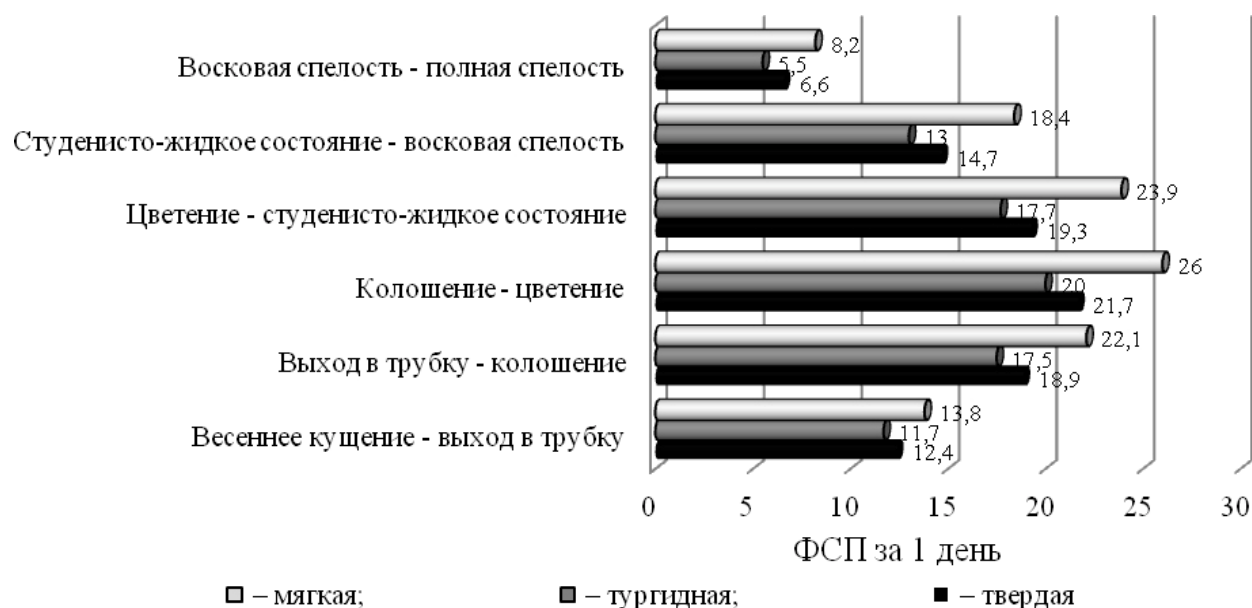


Рис. 3. Фотосинтетический потенциал за 1 день изучаемых видов озимой пшеницы (среднее за 2006-2008 гг.), тыс. м<sup>2</sup>/га

В среднем за три года исследований у озимой мягкой пшеницы ФСП за один день был лучшим во все межфазные периоды (от 8,2 до 26,0 тыс. м<sup>2</sup>/га), твердая и тургидная пшеницы уступали мягкой по данному показателю соответственно на 10-20 и 15-33%.

Отличительной особенностью фотосинтеза озимой пшеницы является то, что большой вклад в поглощение углекислоты вносят не только листья, но и другие хлорофиллоносные органы (стебли с листовыми влагалищами, колосья с зелеными плодами и остями). Роль нелистовых зеленых органов растений злаковых культур возрастает после фазы колошения, когда происходит естественное отмирание листовой поверхности. Так, за период выход в трубку – полная спелость доля стеблей в процессе фотосинтеза посевов возрастает от 11 до 93%. Эта особенность колосовых злаков создает определенные затруднения при исследовании их фотосинтеза [14].

Наибольшая площадь листьев не всегда соответствует максимальной величине ФСП. Связано это с тем, что после фазы цветения в загущенных посевах с большей площадью листьев происходит интенсивное отмирание нижних листьев [13].

Анализ взаимосвязи ПЛ и ФСП, проводившийся в течение трех лет исследований, выявил следующую среднюю положительную зависимость у озимой пшеницы:

- для твердой пшеницы –  $r = 0,58-0,76$ ;
- для тургидной пшеницы –  $r = 0,57-0,78$ ;
- для мягкой пшеницы –  $r = 0,57-0,80$ .

Увеличение фотосинтетического потенциала на 1 тыс. м<sup>2</sup>/га × день происходит с увеличением площади листьев у твердой пшеницы на 75,9-153,2 м<sup>2</sup>/га, у тургидной пшеницы – на 79,2-149,3 м<sup>2</sup>/га, у мягкой пшеницы – на 76,6-141,7 м<sup>2</sup>/га (при  $t_r > t_{0,5} = 2,78$ ) (табл. 2).

О качественной стороне работы фотосинтетического аппарата можно судить по величине чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). Чистая продуктивность фотосинтеза – весовое количество сухой биомассы, создаваемое растениями в течение суток в расчете на 1 м<sup>2</sup> листовых пластинок. Она характеризует интенсивность образования и накопления органической массы. Если рассматривать ЧПФ более точно, то она характеризует не фотосинтез в чистом виде, а суточную разницу между количеством органического вещества, образовавшегося в процессе фотосинтеза, и количеством ассимилятов, израсходованных

растением (дыхание и т.д.), отнесенную к единице листовой поверхности. Изучение ЧПФ в различных агроэкологических условиях позволяет выявить в процессе вегетации факторы, лимитирующие реализацию потенциальной продуктивности культуры [5, 9].

Таблица. 2. Зависимость между площадью листьев и ФСП видов озимой пшеницы при  $t_r > t_{0,5} = 2,78$  (2006-2008 гг.)

Вид озимой пшеницы	Коэффициенты корреляции	Уравнения регрессии	$t_r$
2006 г.			
Твердая	$0,763 \pm 0,152$	$y = 78,44 X - 86,69$	4,19
Тургидная	$0,782 \pm 0,233$	$y = 79,18 X - 79,19$	12,81
Мягкая	$0,802 \pm 0,161$	$y = 90,71 X - 248,2$	4,31
2007 г.			
Твердая	$0,601 \pm 0,175$	$y = 153,15 X - 1054,37$	8,16
Тургидная	$0,620 \pm 0,216$	$y = 149,27 X - 891,89$	6,13
Мягкая	$0,684 \pm 0,247$	$y = 141,74 X - 1112,52$	11,02
2008 г.			
Твердая	$0,579 \pm 0,143$	$y = 75,95 X - 184,22$	9,46
Тургидная	$0,574 \pm 0,208$	$y = 73,54 X - 135,18$	9,12
Мягкая	$0,571 \pm 0,191$	$y = 76,61 X - 155,61$	5,94

В проведенных исследованиях чистая продуктивность фотосинтеза за период вегетации значительно варьирует в зависимости от вида озимой пшеницы и фазы роста и развития (рис. 4).

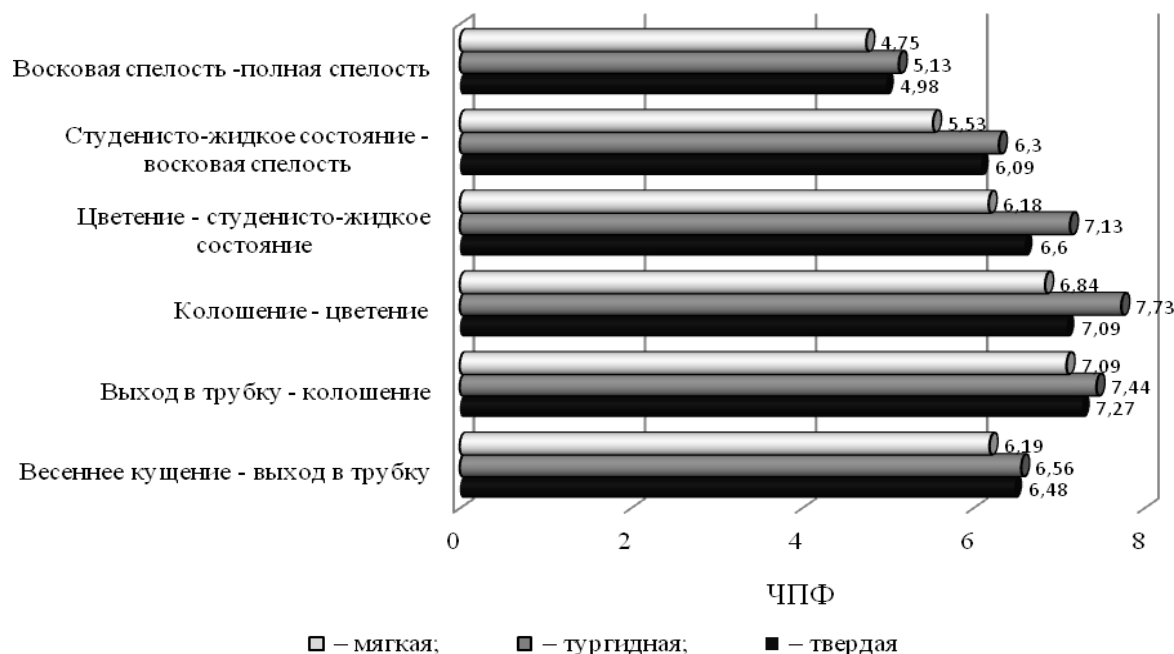
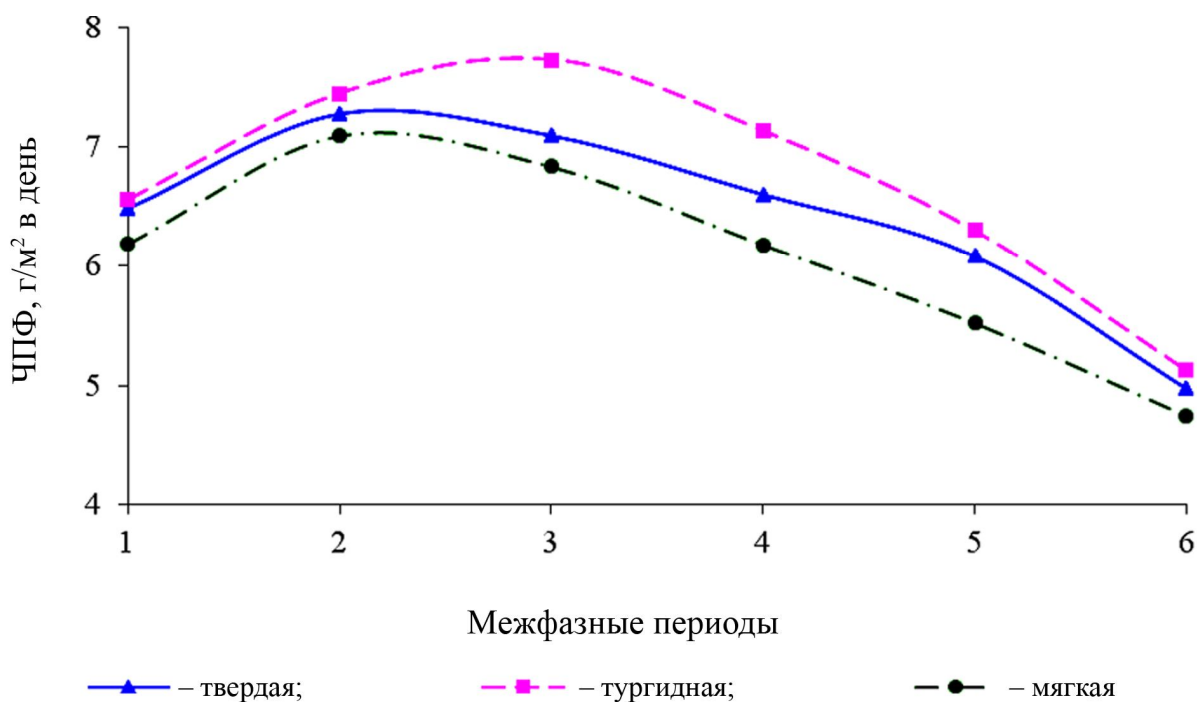


Рис. 4. Чистая продуктивность фотосинтеза видов озимой пшеницы (среднее за 2006-2008 гг.), г/м<sup>2</sup> в день

При возобновлении весенней вегетации чистая продуктивность фотосинтеза начинает увеличиваться в связи с тем, что растения озимой пшеницы не затеняют друг друга, все листья хорошо освещены, а своего максимума она достигает в период от фазы трубкования до фазы цветения. В среднем за исследуемый период у изучаемых видов озимой пшеницы ЧПФ увеличивается до 7,27 г/м<sup>2</sup> в сутки у твердой пшеницы, до 7,73 г/м<sup>2</sup> в сутки – у тургидной и до 7,09 г/м<sup>2</sup> в сутки – у мягкой пшеницы.

В отличие от площади листьев и фотосинтетического потенциала ЧПФ твердой и тургидной пшеницы была больше, чем у мягкой пшеницы, соответственно на 2,5-10,1 и 4,9-15,4%, причем разница возрастала от фазы выхода в трубку до созревания (рис. 5).

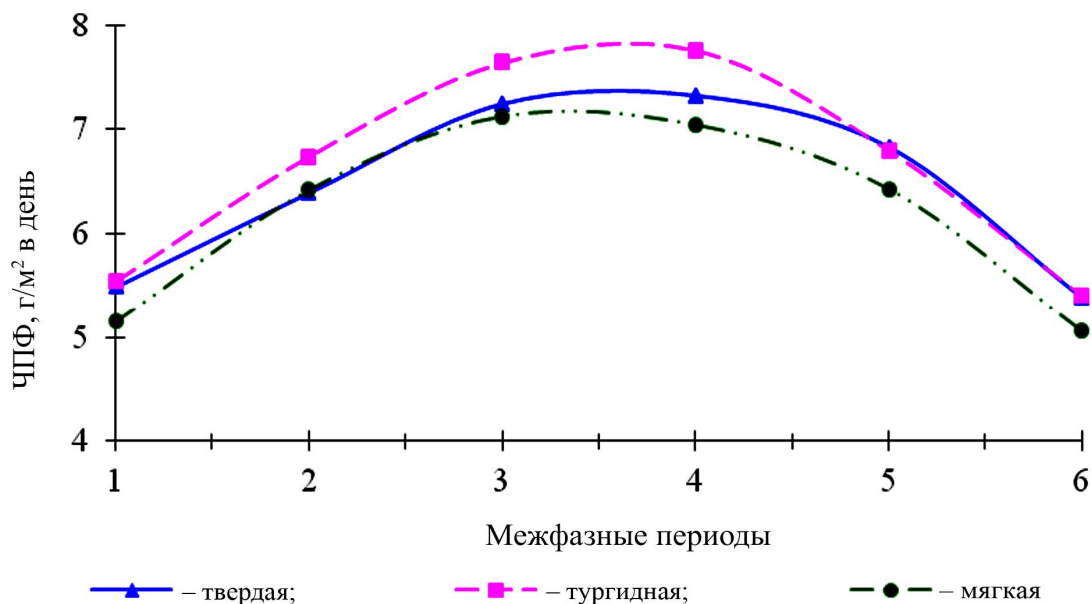


**Рис. 5. Динамика ЧПФ озимой твердой, тургидной и мягкой пшеницы по фазам развития, г/м<sup>2</sup> в день (среднее за 2006-2008 гг.). Межфазные периоды: 1 – весеннее кущение - выход в трубку; 2 – выход в трубку - колошение; 3 – колошение - цветение; 4 – цветение - студенисто-жидкое состояние; 5 – студенисто-жидкое состояние - начало восковой спелости; 6 – начало восковой спелости - полная спелость**

Следовательно, можно предположить, что производительность фотосинтеза растений озимой твердой и тургидной пшеницы в условиях лесостепи выше, чем у растений мягкой пшеницы. Возможно, это было связано с меньшей густотой стояния растений в посевах твердой и тургидной пшеницы и, как следствие, с лучшим их освещением. При дальнейшем росте и развитии растений с уменьшением ПЛ чистая продуктивность фотосинтеза начинает снижаться, что связано с увяданием и засыханием нижних листьев озимой пшеницы, а густота стояния растений, так же как и площадь листьев на одном растении, и погодные условия оказывает значительное влияние на чистую продуктивность фотосинтеза.

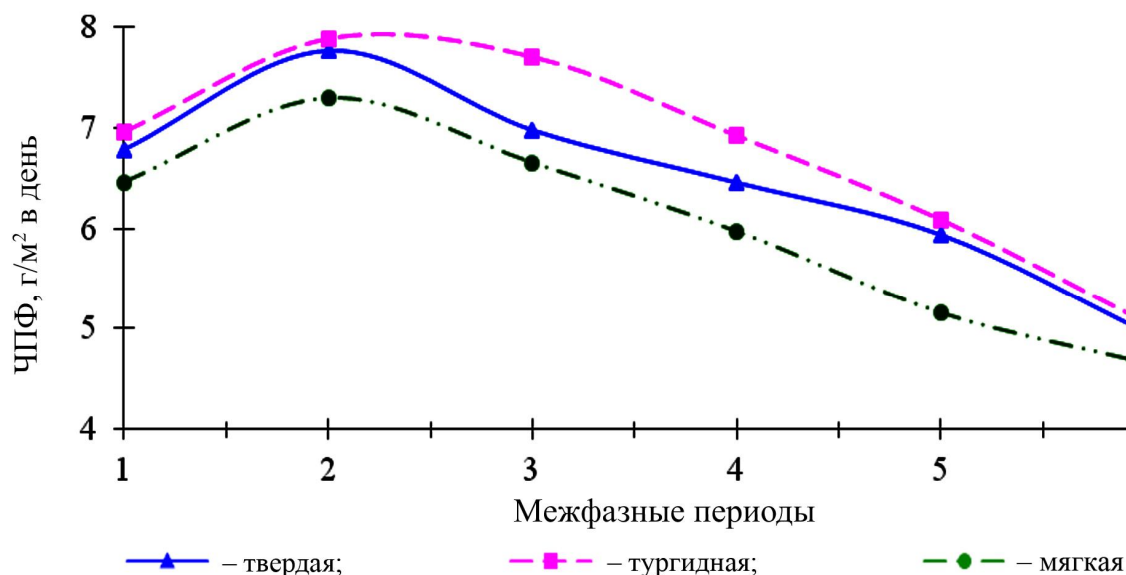
В 2006 г. вследствие меньшей густоты стояния посевов из-за низкой перезимовки (твердая пшеница – 66,4%, тургидная – 66,9%, мягкая пшеница – 83,2%) растения озимой пшеницы всех видов имели лучшую освещенность, и увеличение ЧПФ происходило до фазы цветения - этапа формирования зерна (рис. 6).

Отметим, что увеличение чистой продуктивности фотосинтеза происходило до студенисто-жидкого состояния зерна у озимой твердой (7,32 г/ м<sup>2</sup> в день) и тургидной (7,76 г/ м<sup>2</sup> в день), тогда как у мягкой пшеницы максимальной величины ЧПФ достигала в фазе цветения (7,12 г/ м<sup>2</sup> в день). Это связано с большей изреживаемостью растений в посевах озимой твердой и тургидной пшеницы.



**Рис. 6.** Динамика ЧПФ озимой твердой, тургидной и мягкой пшеницы по фазам развития, г/м<sup>2</sup> в день в 2006 г. Межфазные периоды: 1 – весеннее кущение - выход в трубку; 2 – выход в трубку - колошение; 3 – колошение - цветение; 4 – цветение - студенисто-жидкое состояние; 5 – студенисто-жидкое состояние - начало восковой спелости; 6 – начало восковой спелости - полная спелость

В 2007 г. количество перезимовавших растений было максимальное за период исследований (твердая пшеница – 93,9%, тургидная – 94,2%, мягкая пшеница – 95,1%), а также самым большим было количество растений на 1 м<sup>2</sup> у всех видов озимой пшеницы. В связи с этим чистая продуктивность фотосинтеза своего максимального значения достигала уже в период трубкования – колошения. Наибольшей ЧПФ была у озимой тургидной пшеницы и составила 7,88 г/ м<sup>2</sup> в день, что на 0,12 г/ м<sup>2</sup> в день больше, чем у твердой, и на 0,59 г/ м<sup>2</sup> в день больше, чем у мягкой пшеницы (рис. 7).



**Рис. 7.** Динамика ЧПФ озимой твердой, тургидной и мягкой пшеницы по фазам развития, г/м<sup>2</sup> в день в 2007 г. Межфазные периоды: 1 – весеннее кущение - выход в трубку; 2 – выход в трубку - колошение; 3 – колошение - цветение; 4 – цветение - студенисто-жидкое состояние; 5 – студенисто-жидкое состояние - начало восковой спелости; 6 – начало восковой спелости - полная спелость



В 2008 г. увеличение чистой продуктивности фотосинтеза происходило до фазы колошения у озимой твердой (7,67 г/м<sup>2</sup> в день) и мягкой (7,57 г/м<sup>2</sup> в день) пшеницы, а у тургидной – до фазы цветения (7,84 г/м<sup>2</sup> в день). Это связано с тем, что растения в посевах озимой тургидной пшеницы меньше затеняли друг друга и лучше освещались (вследствие меньшей густоты стояния растений) и формировали большую площадь листьев одного растения (рис. 8).

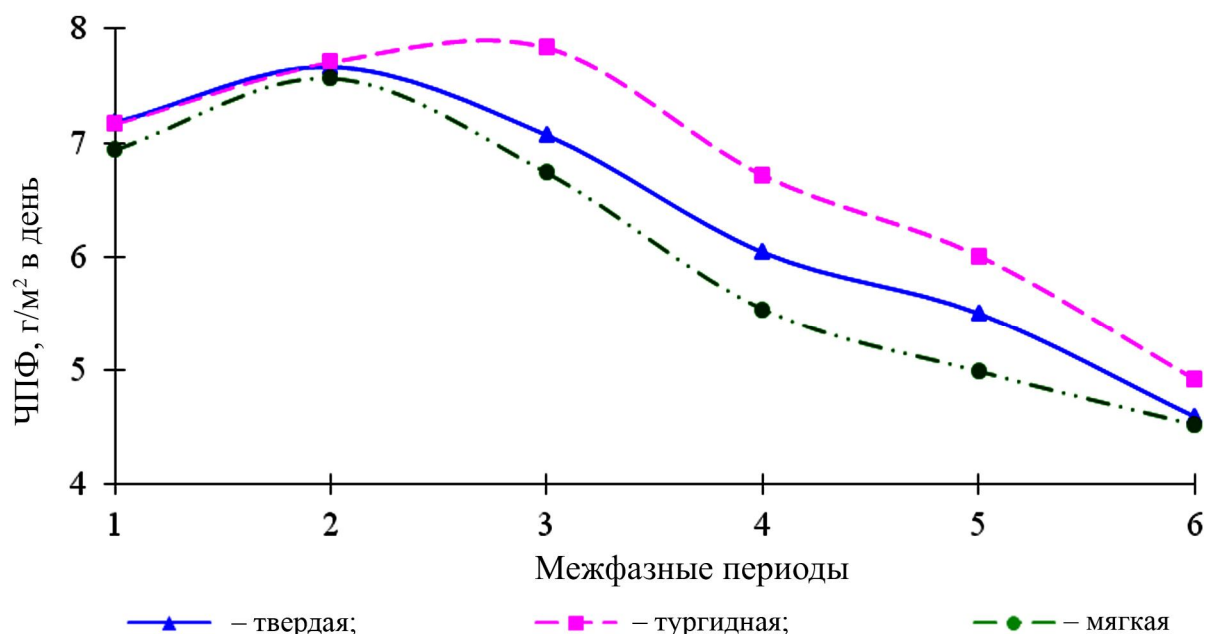


Рис. 8. Динамика ЧПФ озимой твердой, тургидной и мягкой пшеницы по фазам развития, г/м<sup>2</sup> в день в 2008 г. Межфазные периоды: 1 – весеннее кущение - выход в трубку; 2 – выход в трубку - колошение; 3 – колошение - цветение; 4 – цветение - студенисто-жидкое состояние; 5 – студенисто-жидкое состояние - начало восковой спелости; 6 – начало восковой спелости - полная спелость

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ показателей чистой продуктивности фотосинтеза и площади листьев, а также чистой продуктивности фотосинтеза и фотосинтетического потенциала выявил среднюю положительную или отрицательную зависимость (табл. 3, 4).

Таблица 3. Зависимость между фотосинтетическим потенциалом и чистой продуктивностью фотосинтеза видов озимой пшеницы при  $t_r > t_{0,5} = 2,78$  в 2006-2008 гг.

Вид озимой пшеницы	Коэффициенты корреляции	Уравнения регрессии	$t_r$
2006 г.			
Твердая	0,68	$y = 18,51 X + 4,23$	2,88
Тургидная	0,77	$y = 17,86 X + 2,88$	4,02
Мягкая	0,71	$y = 22,9 X + 5,39$	2,94
2007 г.			
Твердая	0,58	$y = 7,99 X + 12,56$	3,19
Тургидная	0,58	$y = 7,06 X + 11,37$	3,33
Мягкая	0,64	$y = 14,13 X + 13,53$	3,44
2008 г.			
Твердая	0,59	$y = 19,09 X + 10,63$	3,66
Тургидная	0,57	$y = 15,14 X + 10,67$	3,98
Мягкая	0,55	$y = 22,26 X + 12,68$	3,67

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

**Таблица 4. Зависимость между площадью листьев и чистой продуктивностью фотосинтеза видов озимой пшеницы при  $t_r > t_{0,5} = 2,78$**

Межфазный период	Вид озимой пшеницы	Год исследований	Коэффициент корреляции	Уравнения регрессии	$t_r$
Весеннее кущение - выход в трубку	Твердая	2006	0,279	$y = 767,0 X - 163,4$	6,13
		2007	0,579	$y = 921,9 X - 215,6$	9,13
		2008	0,391	$y = 846,3 X - 91,6$	9,16
	Тургидная	2006	0,319	$y = 629 X - 91,5$	6,19
		2007	0,594	$y = 861,2 X - 194,3$	8,79
		2008	0,372	$y = 782,3 X - 231,3$	5,52
	Мягкая	2006	0,282	$y = 1064,5 X - 188,3$	9,16
		2007	0,319	$y = 1394,6 X - 246,9$	4,62
		2008	0,338	$y = 294,6 X - 366,4$	8,17
Выход в трубку - колошение	Твердая	2006	0,473	$y = 1644,0 X - 116,2$	5,19
		2007	0,473	$y = 1873,6 X - 291,3$	5,16
		2008	0,471	$y = 2006,9 X - 294,3$	8,17
	Тургидная	2006	0,491	$y = 1446,1 X - 243,5$	5,91
		2007	0,316	$y = 2649,3 X - 193,8$	5,66
		2008	0,429	$y = 2664,9 X - 249,3$	11,26
	Мягкая	2006	0,512	$y = 276,9 X - 319,2$	3,81
		2007	0,612	$y = 4364,5 X - 298,1$	7,61
		2008	0,579	$y = 4713,1 X - 291,7$	3,41
Колошение - цветение	Твердая	2006	0,282	$y = 2767,0 X - 323,2$	6,91
		2007	0,672	$y = 3388,9 X - 259,0$	10,00
		2008	0,337	$y = 3755,5 X - 245,7$	3,93
	Тургидная	2006	0,183	$y = 2273,5 X - 223,8$	9,44
		2007	0,167	$y = 2946,1 X - 351,5$	7,13
		2008	0,426	$y = 2267,9 X - 379,8$	8,91
	Мягкая	2006	0,297	$y = 2193,7 X - 219,7$	9,16
		2007	0,394	$y = 2976,3 X - 277,8$	3,38
		2008	0,419	$y = 3897,2 X - 406,8$	9,26
Цветение - студенисто-жидкое состояние	Твердая	2006	0,491	$y = 2491,3 X - 211,0$	11,42
		2007	-0,541	$y = 213,3 - 2461,3 X$	6,94
		2008	-0,491	$y = 359,6 - 2947,6 X$	7,71
	Тургидная	2006	0,472	$y = 2194,3 X - 213,5$	7,39
		2007	-0,469	$y = 216,3 - 2588,3 X$	15,53
		2008	0,591	$y = 3111,6 X - 159,9$	4,75
	Мягкая	2006	0,462	$y = 3527,2 X - 383,1$	8,48
		2007	-0,337	$y = 371,8 - 2316,4 X$	6,91
		2008	-0,506	$y = 219,8 - 2069,3 X$	3,79
Студенисто-жидкое состояние - начало восковой спелости	Твердая	2006	0,473	$y = 2191,2 X - 218,5$	8,91
		2007	-0,449	$y = 394,3 - 2761,3X$	5,51
		2008	0,526	$y = 3349,3 X - 332,1$	3,64
	Тургидная	2006	0,497	$y = 2067,9 X - 162,9$	3,09
		2007	-0,379	$y = 316,2 - 2381,4 X$	4,16
		2008	0,261	$y = 1839,3 X - 228,9$	6,67
	Мягкая	2006	0,513	$y = 2183,1 X - 249,3$	6,32
		2007	-0,192	$y = 309,2 - 1923,7 X$	5,49
		2008	0,617	$y = 3997,6 X - 291,6$	4,48
Начало восковой спелости - полная спелость	Твердая	2006	-0,219	$y = 114,8 - 592,4 X$	4,32
		2007	0,579	$y = 1943,8 X - 263,1$	7,18
		2008	0,491	$y = 162,3 X - 281,3$	8,16
	Тургидная	2006	-0,716	$y = 134,9 - 562,3 X$	4,18
		2007	0,466	$y = 1993,6 X - 249,6$	8,88
		2008	0,493	$y = 2017,9 X - 202,3$	3,88
	Мягкая	2006	0,013	$y = 1162,3 X - 166,1$	7,44
		2007	0,231	$y = 2367,9 X - 243,1$	7,66
		2008	0,572	$y = 2009,7 X - 288,8$	9,25

Коэффициент корреляции между площадью листьев (ПЛ) и чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ) в зависимости от фазы развития растений озимой пшеницы

варьировал у твердой пшеницы от -0,54 до +0,67, у тургидной – от -0,46 до +0,59, у мягкой – от -0,66 до +0,62.

Чистая продуктивность фотосинтеза при  $t_r > t_{0,5} = 2,78$  увеличивается на  $1 \text{ г/м}^2$  за день при следующем изменении площади листовой поверхности, участвующей в процессе фотосинтеза: у твердой пшеницы – на 2,8-3,7 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ , у тургидной – на 2,3-3,1 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ , у мягкой пшеницы – на 3,5-4,7 тыс.  $\text{м}^2/\text{га}$ .

За трехлетний период исследований коэффициент корреляции между чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ) и фотосинтетическим потенциалом (ФСП) изменялся в зависимости от фазы развития и вида озимой пшеницы: от -0,68 до +0,72 – у твердой пшеницы, от -0,58 до +0,64 – у тургидной, от -0,54 до +0,58 – у мягкой пшеницы.

Коэффициент регрессии в зависимости от вида озимой пшеницы варьировал от -7,1 до +22,9 при  $t_r > t_{0,5} = 2,78$ .

Следует отметить, что зависимость между чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ) и фотосинтетическим потенциалом (ФСП) у твердой и тургидной пшеницы проявлялся сильнее, чем у озимой мягкой пшеницы.

Одним из показателей, которые также характеризуют фотосинтетическую деятельность, является прирост биомассы растений в течение вегетационного периода (рис. 9).

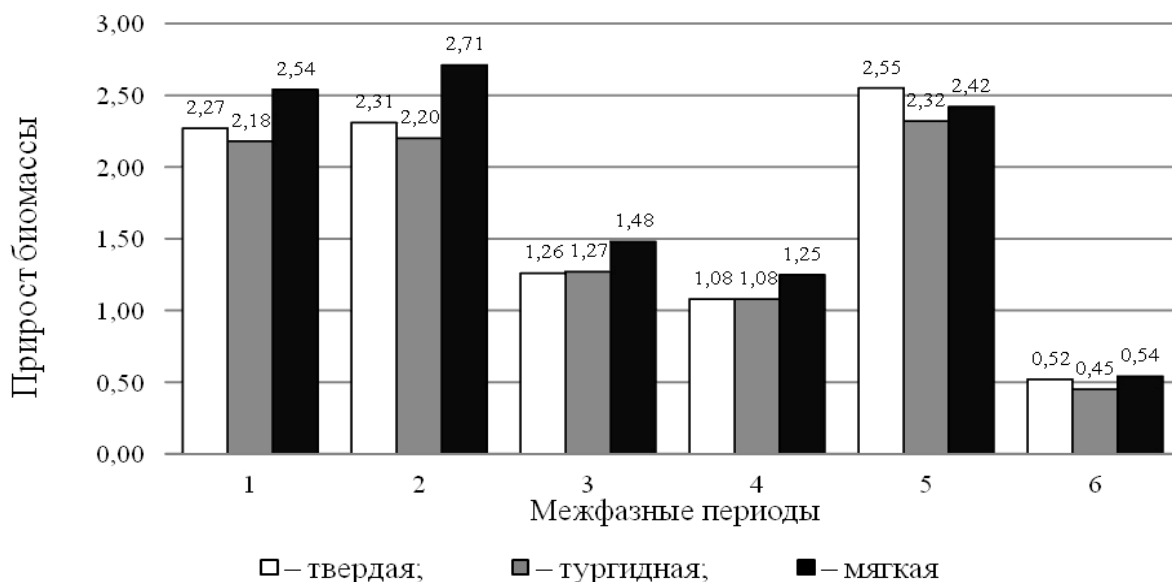


Рис. 9. Прирост биомассы видов озимой пшеницы (среднее за 2006-2008 гг.), т/га.  
Межфазные периоды: 1 – весеннее кущение - выход в трубку; 2 – выход в трубку - колошение; 3 – колошение - цветение; 4 – цветение - студенисто-жидкое состояние; 5 – студенисто-жидкое состояние - начало восковой спелости; 6 – начало восковой спелости - полная спелость

За период исследований наибольший прирост биомассы в посевах озимой пшеницы за весенне-летний период отмечен у мягкой пшеницы и составил 0,54-2,71 т/га, что соответственно на 4,3-14,6% и 4,0-18,7% больше, чем у твердой и тургидной пшеницы.

Некоторые авторы отмечали в своих трудах, что в конце вегетации, при небольшой площади листьев, суточные приросты биомассы невелики. В это время идет перераспределение накопленных ассимилятов из листьев, стеблей и корней в генеративные органы [1, 6].

Результаты, полученные в трехлетних полевых опытах, позволяют сделать следующие выводы:

1. Площадь листьев и фотосинтетический потенциал озимой твердой и тургидной пшеницы на 14-21% меньше, чем у озимой мягкой пшеницы.

2. Показатель «площадь листьев» у озимой твердой и тургидной пшеницы достигает максимальных значений в фазе цветения – соответственно 22 483 и 20 548  $\text{м}^2/\text{га}$ .

3. У озимой твердой и тургидной пшеницы фотосинтетический потенциал (ФСП) отмечен на 259-394 тыс. м<sup>2</sup> × дн./га ниже, чем у мягкой, при этом у изучаемых видов пшеницы он находился в прямой корреляционной зависимости с площадью листьев.

4. У озимой твердой и тургидной пшеницы чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) в день в период колошение – цветение на 0,25-0,89 г/м<sup>2</sup> (3,6-13,0%) превышал этот же показатель мягкой пшеницы.

5. Прирост биомассы за весенне-летний период у твердой и тургидной пшеницы был на 0,02-0,51 т/га меньше, чем у мягкой пшеницы.

### Библиографический список

1. Гензель Г. Физиология накопления урожая и селекция зерновых культур на урожайность / Г. Гензель // Сельское хозяйство за рубежом. – 1966. – № 7. – С. 19-26.
2. Ермакова Н.В. Особенности развития, формирования урожая и качества зерна озимой твердой и тургидной пшеницы в лесостепи ЦЧР : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Ермакова Надежда Владимировна. – Воронеж, 2009. – 213 с.
3. Ермакова Н.В. Фотосинтетический потенциал озимой твердой, тургидной и мягкой пшеницы в условиях лесостепи ЦЧР / Н.В. Ермакова, В.В. Козлобаев, О.С. Калмыкова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2008. – Вып. 3-4 (18-19). – С. 18-21.
4. Ерошенко Ф.В. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от фотосинтетической деятельности для зоны неустойчивого увлажнения Северного Кавказа : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Ерошенко Федор Владимирович. – Ставрополь, 2001. – 23 с.
5. Кадыров С.В. Технология программированных урожаев в ЦЧР : справочник / С.В. Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж, 2005. – 544 с.
6. Князюк В.И. Влияние физиологического возраста зерна на морфо-биохимические особенности и семенные качества пшеницы / В.И. Князюк // Биология и технология семян. – Харьков, 1974. – С. 249-251.
7. Кумаков В.А. Коррелятивные отношения между органами растения в процессе формирования урожая / В.А. Кумаков // Физиология растений. – 1980. – Т. 27, № 5. – С. 975-985.
8. Кумаков В.А. Эволюция показателей фотосинтетической деятельности в процессе селекции яровой пшеницы / В.А. Кумаков // Теоретические основы высокой продуктивности: сб. науч. тр. – Москва : Наука, 1972. – С. 500-503.
9. Ничипорович А.А. Фотосинтез и вопросы повышения урожайности растений / А.А. Ничипорович // Вестник с.-х. науки. – 1966. – № 2. – С. 1-12.
10. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмора. – Москва : Изд-во АН СССР, 1961. – 136 с.
11. Определение площади листьев // Справочник химика 21. Химия и химическая технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chem21.info/info/1900455/> (дата обращения: 17.01.2016).
12. Подлесных Н.В. Озимая твердая пшеница – перспективная культура ЦЧР / Н.В. Подлесных, Л.М. Власова // Инновационные технологии и технические средства для АПК : материалы всероссийской науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, посвященной 100-летию Воронежского гос. аграр. ун-та. – Воронеж, 2011. – Ч. I. – С. 215-218.
13. Фотосинтез и продуктивность озимой пшеницы на юго-востоке Казахстана : сб. статей / АН КазССР, Ин-т ботаники; под ред. В.П. Беденко (отв. ред.) и др. – Алма-Ата : Наука, 1976. – 134 с.
14. Фотосинтетическая деятельность посевов озимой пшеницы в зависимости от элементов технологии возделывания // Земледелие от А до Я [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://racechrono.ru/vidy-parov/4400-fotosinteticheskaya-deyatelnost-posevov-ozimoy-pshenicy-v-zavisimosti-ot-elementov-tehnologii-vozdelyvaniya.html> (дата обращения: 03.12.2015).
15. Duncan W.G. Net photosynthesis rates, relative leaf growth rates and leaf numbers of 22 cases of maize grown at eight temperatures / W.G. Duncan, J.D. Hasketh // Crop Science. – 1968. – No. 8. – P. 670-674.
16. Yolgend H.J. The relationship between photosynthetic area and grain yield per plant in wheat / H.J. Yolgend, G.M. Simpson // Can. J. Biol. Sci. – 1967. – No. 18. – P. 269-281.
17. Watson D.J. The dependence of net assimilation rate on leaf area index / D.J. Watson // Ann. Bot. – 1958. – Vol. 23. – P. 37-54.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

#### Принадлежность к организации

Надежда Владимировна Подлесных – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация, тел. 8(473) 253-77-18, E-mail: env.05@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 17.02.2016

Дата принятия к печати 04.04.2016

### AUTHOR CREDENTIALS

#### Affiliation

Nadezhda V. Podlesnykh – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Forage Production and Agricultural Technologies, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-18, E-mail: env.05@mail.ru.

Date of receipt 17.02.2016

Date of admittance 04.04.2016