

## ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ БЕЛАРУСИ

С.А. Тарасенко, Е.К. Живлюк

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 07.06.2011 г.)

*Аннотация.* В исследованиях с зерновыми культурами в западном регионе Беларуси установлено влияние продукционного процесса (ПП) на величину урожайности зерна, максимальные прибавки которой (2,1-42,4 ц/га) получены при высоком уровне ПП. Отмечены более высокие затраты соломы на формирование единицы зерна при интенсификации продукционного процесса. Рост урожайности зерновых культур не сопровождается одновременным улучшением углеводного качества зерна ячменя, овса, яровой и озимой пшеницы (содержание крахмала), но приводит к улучшению протеиновой и белковой обеспеченности, за исключением содержания небелкового азота и величины индекса деформации клейковины в зерне озимой пшеницы.

*Summary.* In researches with crops in the western regions of Belarus it was determined that the activity influence of production process on the crop value yield, the maximum increase of which were received at the high level of PP (2,1-42,4 c/ha). Higher expenses of straw on forming grain unit at intensification of the productive process were determined. The crop yield increase at the same time does not follow with the improvement of carbohydrate quality of barley, oat, heartwood and winter wheat (starch content), but it brings to protein and albumen provision, except for nonprotein nitrogen and index of deformation of gluten in winter wheat seed.

**Введение.** Продукционный процесс (ПП) сельскохозяйственных культур (фотосинтез) представляет собой образование органического вещества из неорганических соединений – углекислого газа, воды и минеральных элементов на свету в зеленых частях растений, которое протекает в хлоропластах растительной клетки [1, 2]. Неодинаковая интенсивность продукционного процесса, проявляющаяся в виде изменений комплекса физиолого-биохимических показателей растений – синтезе органического вещества, нарастании листовой поверхности, образовании основного фотосинтетического пигмента (хлорофилла) и накоплении его в биомассе растений, потреблении азота, фосфора, калия, кальция и магния, в конечном итоге приводит к формированию различной урожайности сельскохозяйственных культур [3, 4]. Сам уровень продукционного процесса (низкий, средний, повышенный и высокий) обеспечивается применением средств химизации, важнейшими из которых являются органические, минеральные удобрения и

физиологически активные вещества, используемые в различные периоды роста и развития сельскохозяйственных растений.

**Цель работы:** установить взаимосвязь продукционного процесса растений с величиной урожайности и качеством зерна зерновых культур (ячмень, овес, яровая и озимая пшеницы), возделываемых в условиях западного региона Беларуси.

**Материалы и методика исследований.** Для выполнения цели исследований были использованы результаты опытов с зерновыми культурами, проводимыми в 2003-2010 гг. Уровень продукционного процесса определялся на основании хлорофиллового индекса [5], представляющего запас хлорофилла в растениях в кг/га. Ранее проведенные исследования показали наиболее тесную связь этого показателя с продуктивностью зерновых культур. Для каждой из них были выделены четыре уровня продукционного процесса (низкий, средний, повышенный и высокий), рассчитанные по величине хлорофиллового индекса (кг/га хлорофилла), обеспечивающего определенную биомассу растений (таблица 1).

Таблица 1 – Хлорофилловый индекс (ХИ) и продуктивность зерновых культур в условиях западного региона, 2003-2010 гг.

Уровень ПП	Яровые зерновые (ячмень, овес, пшеница)		Озимая пшеница	
	ХИ, кг/га	Надземная биомасса, ц/га *	ХИ, кг/га	Надземная био- масса, ц/га *
Низкий	до 30	до 60	до 60	до 120
Средний	30-60	60-100	60-100	120-135
Повышенный	60-90	100-140	100-140	135-150
Высокий	более 90	более 140	более 140	более 150

\* - зерно + солома

Низкий уровень продукционного процесса зерновых культур формируется на вариантах без применения органических и минеральных удобрений или с невысокими дозами  $N_{20-30}P_{10-20}K_{15-30}$ , без использования физиологически активных веществ, с внесением удобрений до посева и отсутствием некорневых подкормок в течение вегетации. Средний уровень – при применении умеренных доз удобрений  $N_{30-45}P_{20-40}K_{30-45}$ , на безазотном фоне или при последствии органических удобрений, с использованием некорневых подкормок в течение вегетации. Повышенный и высокий уровни – при значительных дозах минеральных удобрений  $N_{60-150}P_{40-80}K_{60-140}$  и использованием микроэлементов, с внесением под отдельные культуры органических удобрений, с применением неоднократных некорневых подкормок в течение вегетации, обработкой посевов физиологически активными вещества-

ми – стимуляторами роста растений. Для озимой пшеницы в исследовании (2004-2007 гг.) были включены сорта, районированные в Республике Беларусь с 1965 по 2005 гг., которые объединялись в 4 группы (уровень продукционного процесса) по степени интенсивности сорта (времени его районирования).

В зерне исследуемых культур с использованием соответствующих методик [6] проводили определение крахмала по Эверсу, сырого протеина и белка – расчетным путем на основании белкового и небелкового азота по Кьельдалю. Количество и качество сырой клейковины – по ГОСТу 27839-88. В растительной массе определялось содержание сухого вещества и хлорофилла.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Установлено, что наиболее продуктивным для зерновых культур, возделываемых в западном регионе РБ, являлся высокий уровень ПП. Он обеспечивал прибавку урожайности зерна ячменя по сравнению с повышенным уровнем 22,0, со средним – 35,8, с низким – 42,4 ц/га или соответственно 64, 127 и 150%. Такая же закономерность проявлялась и с другими яровыми зерновыми культурами – овсом и яровой пшеницей, где приросты урожайности соответственно составили 16,7, 34,6, 41,7 и 9,5, 27,9, 36,4 ц/га.

Что касается озимой пшеницы, то интенсивность продукционного процесса этой культуры в данной ситуации обуславливалась только сортовыми особенностями растений, так как они произрастали на одинаковом фоне минерального питания. В связи с этим прибавка урожайности зерна высокого уровня ПП по сравнению с другими составила всего 2,1-3,9 ц/га, или 3-5%, подтверждая тем самым преимущественную роль в интенсификации продукционного процесса средств химизации перед особенностями сорта.

Образующееся в процессе фотосинтеза органическое вещество сельскохозяйственных растений используется как на формирование биомассы основной (зерно), так и побочной (солома) продукции. Поэтому необходим анализ влияния интенсивности продукционного процесса на накопление и второго вида продукции, который не является товарным, но на его образование также расходуются фотосинтетические ассимиляты.

Установлено, что высокий уровень продукционного процесса обеспечивал прирост урожайности соломы ячменя на 22,6-52,2 ц/га (94-217%), овса – на 20,9-49,9 ц/га (84-201%), яровой пшеницы – на 19,9-48,9 ц/га (103-251%), а озимой пшеницы – всего на 4,6-7,3 ц/га (5-9%) по отмеченной выше причине для зерна.

Таблица 2 – Урожайность зерновых культур при различных уровнях продукционного процесса

Уровень ПП	Зерно			Солома		
	урожайность, ц/га	прибавка к низкому уровню,		урожайность, ц/га	прибавка к низкому уровню,	
		ц/га	%		ц/га	ц/га
Ячмень, 2003-2005 гг.						
Низкий	28,3			24,1		
Средний	34,9	6,6	23	32,8	8,7	36
Повышенный	52,7	24,4	86	53,7	29,6	123
Высокий	70,7	42,4	150	76,3	52,2	217
Овес, 2004-2006 гг.						
Низкий	26,3			24,8		
Средний	33,4	7,1	27	33,0	8,2	33
Повышенный	51,3	25,0	95	53,8	29,0	117
Высокий	68,0	41,7	158	74,7	49,9	201
Яровая пшеница, 2004-2010 гг.						
Низкий	23,0			19,5		
Средний	31,5	8,5	37	29,2	9,7	50
Повышенный	49,9	26,9	117	48,5	29,0	148
Высокий	59,4	36,4	158	68,4	48,9	251
Озимая пшеница, 2004-2007 гг.						
Низкий	65,0			76,8		
Средний	65,5	0,5	1	77,2	0,4	1
Повышенный	66,8	1,8	3	79,5	2,7	4
Высокий	68,9	3,9	6	84,1	7,3	9

Распределение ассимилятов, синтезирующихся в процессе фотосинтеза, по основной и побочной продукциям зависело от биологических особенностей сельскохозяйственных растений (рисунок 1).

Для всех зерновых культур с увеличением интенсивности продукционного процесса соотношение зерно : солома менялось в сторону соломы. При низком уровне ПП затраты соломы на образование единицы зерна ниже, чем при высоком уровне, особенно у яровых зерновых. Это связано с падением интенсивности оттока органического вещества из вегетативных органов (листья, стебель) этих культур в репродуктивные (зерно) в процессе его созревания в условиях высокой концентрации питательных элементов в почве.

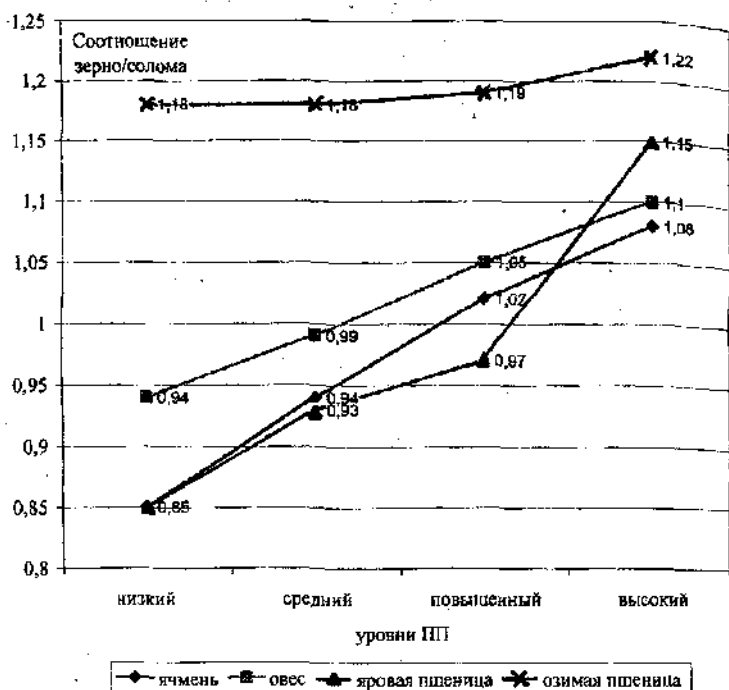


Рисунок 1 – Соотношение биомассы зерна и соломы при различных уровнях продукционного процесса

Состав запасных питательных веществ различных сельскохозяйственных культур зависит от их биологических особенностей и условий выращивания. У зерновых культур это соотношение между углеводным (содержание крахмала) и белковым (количество белка и его качество) обменами при различных уровнях продукционного обмена (рисунок 2).

Установлено, что у яровых зерновых культур существует обратная зависимость между содержанием крахмала и сырого протеина в зерне (коэффициент корреляции  $-0,675$ ). Образующиеся в процессе фотосинтеза ассимилянты используются для формирования или углеводов, или белковых веществ. Причем общее их количество ограничивается продукционными возможностями растительных организмов и не может одновременно обеспечить рост содержания в зерне как белка, так и крахмала. Роль уровня продукционного процесса в изменении качества зерна яровых зерновых культур прослеживается в повышении

количества белковых веществ при одновременном снижении содержания крахмала.

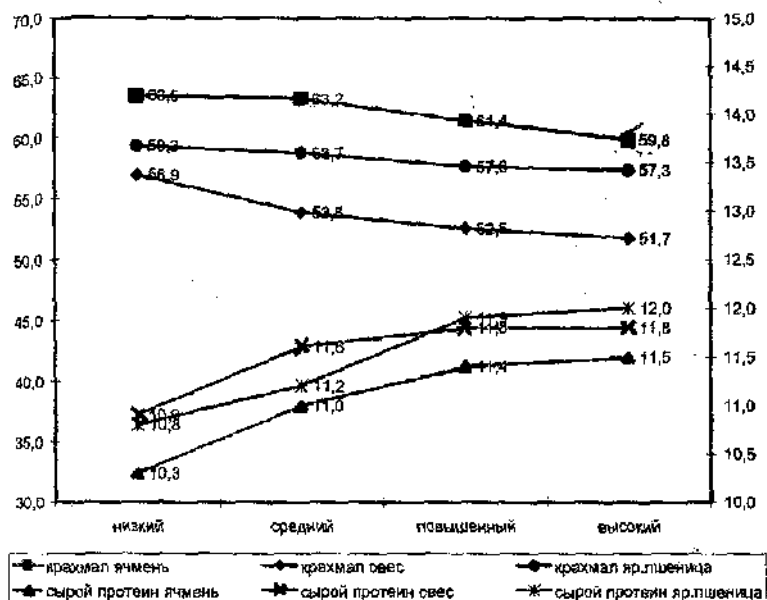


Рисунок 2 – Влияние уровня производственного процесса на качества зерна яровых зерновых культур

Так, в зерне ячменя при повышении уровня ПП с первого до четвертого происходило снижение количества крахмала на 3,8, яровой пшеницы – на 2,0, овса – на 5,2 процентных пункта (п.п.) при одновременном росте количества сырого протеина соответственно на 1,2, 1,0 и 1,2 п.п. Это связано с тем, что при формировании уровней производственного процесса растений яровых зерновых культур особая роль отводилась азотному питанию как элементу наиболее эффективному в условиях дерново-подзолистых почв западного региона Республики Беларусь. Это положительно сказалось на росте количества белковых веществ в зерне.

В целом, оценивая роль интенсификации производственного процесса яровых зерновых культур, следует признать невозможным увеличение урожайности ячменя, овса и яровой пшеницы и одновременного повышения содержания всех питательных запасных веществ в зерне этих культур.

Обратная зависимость углеводного и белкового обменов установлена и для зерна озимой пшеницы. Коэффициент корреляции между содержанием крахмала и сырого протеина составил  $-0,99$ , крахмала и белка  $-0,97$ . При повышении уровня ПП падение количества крахмала достигло 1,8 процентных пунктов, а рост содержания сырого протеина составил 2,53, белка — 1,60 (п.п.) (рисунок 3). Количество небелковых форм азота, присутствующих в зерне озимой пшеницы и представленных в виде свободных аминокислот, аминов, амидов, аммиачного азота и нитратов, при повышении уровня продукционного процесса значительно возрастало (на 0,45-1,38 п.п.). Это свидетельствует о том, что интенсификация процесса фотосинтеза озимой пшеницы приводит к накоплению азотных соединений, неспособных участвовать в биосинтезе белка. Ограничивающим фактором в данной случае может выступать как недостаток других факторов формирования урожая, так и генетические особенности сортов озимой пшеницы.

Ввиду того, что уровень продукционного процесса этой культуры определялся степенью интенсивности сорта, в самом белковом комплексе зерна отмечены свои особенности. Содержание клейковины в зерне пшеницы и ее качество — важные показатели, характеризующие хлебопекарные свойства пшеницы. В связи с тем, что клейковина пшеницы состоит на 80-90% из белков (глюадина и глютелина), а остальные 10-20% приходятся на крахмал, липиды, клетчатку, сахара, минеральные соединения и другие вещества, качество белка определяет в основном качество клейковины. Установлено, что повышение уровня продукционного процесса растений озимой пшеницы приводит к росту содержания клейковины на 0,71-2,53 процентных пункта.

Вместе с тем высокое содержание клейковины еще не определяет хорошие хлебопекарные качества муки и редко коррелирует с высокой урожайностью зерна. В качестве метода, позволяющего быстро и точно выявить хлебопекарные достоинства пшеницы, заслуживает внимания метод определения качества клейковины по величине деформации ее шарика под действием нагрузки сжатия с использованием прибора ИДК-3М, который позволяет установить индекс деформации в условных единицах. В зависимости от этого значения клейковину зерна делят на группы качества. Сильная клейковина первой группы качества имеет значение ИДК 60-70 условных единиц, удовлетворительная вторая группа (крепкая 20-40, слабая 80-100), неудовлетворительная третья группа (крепкая 0-15, слабая 105-120). В наших исследованиях зерно пшеницы относилось ко II группе качества по индексу деформации, что соответствует удовлетворительно слабой клейковине. Тем не менее такие сорта можно использовать как наполнители при выпечке хлеба.

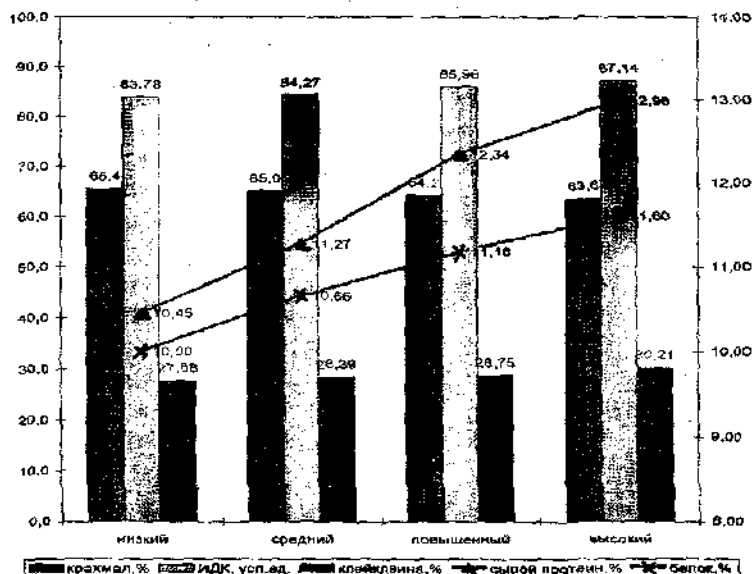


Рисунок 3 – Качество зерна озимой пшеницы при различных уровнях ПП

При повышении уровня продукционного процесса качество клейковины снижалось, так как индекс деформации клейковины зерна озимой пшеницы увеличивался на 3,36 условных единицы и приближался к третьей-слабой группе. Таким образом, несмотря на то, что повышение уровня продукционного процесса приводило к росту урожайности, повышению содержания белка, сырого протеина в зерне озимой пшеницы и увеличению количества клейковины, качество последней снижалось. Интенсификация возделывания растений озимой пшеницы в западном регионе Республики Беларусь не обеспечивает адекватного роста урожайности зерна и одновременного всестороннего повышения его качества.

**Закключение.** Таким образом, установлено, что величина урожайности зерновых культур в условиях западного региона Беларуси определяется активностью продукционного процесса, максимальная эффективность которого отмечается при высоком уровне ПП. Прибавка зерна яровых зерновых культур составила от 9,5 до 42,4 ц/га, озимой пшеницы – 2,1-3,9 ц/га, подтверждая тем самым преимущественную роль в интенсификации продукционного процесса средств химизации перед особенностями сорта. Для всех зерновых культур с увеличением



интенсивности продукционного процесса соотношение зерно:солома меняется в сторону соломы. Это свидетельствует о более высоких затратах соломы на формирование единицы зерна при интенсификации продукционного процесса. Рост урожайности зерновых культур не сопровождается одновременным улучшением углеводного качества зерна ячменя, овса, яровой и озимой пшеницы (содержание крахмала), но приводит к улучшению протеиновой и белковой обеспеченности зерна, за исключением содержания небелкового азота и величины индекса деформации клейковины в зерне озимой пшеницы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ничипорович, А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений // Итоги науки и техники / Физиология растений. – М., 1977. – Т.3. – С. 11-54.
2. Андриянова, Ю.Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю.Е. Андриянова, И.А. Тарчевский. – М.: Наука, 2000. – 135 с.
3. Кошкин, Е.И., Гатулина, Г.Г., Дьяков, А.Б. и др. Частная физиология полевых культур: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агрономическим специальностям / Под ред. Е.И. Кошкина. – М.: КолосС, 2005. – 343 с.
4. Прохоров, В.Н. Физиолого-экологические основы оптимизации продукционного процесса агрофитосенозов (поликультура в растениеводстве) / В.Н. Прохоров [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2005. – 370 с.
5. Методическое руководство по исследованию смешанных агрофитосенозов / Н.А. Ламан [и др.]. – Минск: Навука і тэхніка, 1996. – 101 с.
6. Тарасенко, С.А. Физиология и биохимия растений. Практикум: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С.А. Тарасенко, Е.И. Дорошкевич. – Гродно, 2004. – 211 с.