

УДК 633.1:631.584.5:581.132

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЧИСТЫХ И СОВМЕСТНЫХ ПОСЕВАХ И ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ

И. С. ШАТИЛОВ, А. Ф. ШАРОВ

(Кафедра растениеводства)

Совместное выращивание зерновых культур (смешанные и черезрядные посе- вы) обеспечивает в ряду лет устойчивые урожаи. Отмечено уменьшение размеров листьев под влиянием межвидовых взаимоотношений, однако интенсивность фо- тосинтеза мало отличается от этого показателя в чистых посевах. Световой ре- жим в черезрядном посеве более благоприятный, чем в чистом. Повышение ус- тойчивости урожаев достигается за счет оптимизации густоты стояния под влия- нием межвидовых отношений.

В совместных посевах зерновых культур условия внешней среды и взаимоотношения растений складываются более благоприятно, чем в чистых. По мнению Г. В. Гуляева [3], это вызвано разной ярус- ностью компонентов посева, лучшим использованием воды, питатель- ных веществ и солнечной радиации в течение всего периода вегетации.

В данной работе представлены результаты изучения фотосинтети- ческой деятельности посевов зерновых культур и формирования уро- жая в чистых и совместных посевах.

Методика

В 1980—1984 гг. исследования проводи- ли в мелкоделянчном опыте. Размер де- лянки 10 м². Зерновые высевали из расче- та 6 млн. всхожих семян на 1 га. В опы- тах с совместными посевами изучены ва- рианты смешанного (50 % озимой пше- ницы + 50 % озимой ржи) и черезрядного посева (100% озимой пшеницы + 100 % озимой ржи). В 1981 г. по аналогичной схеме был заложен опыт с яровыми зер- новыми (ячмень + овес).

В 1985—1986 гг. провели полевые опы- ты. Озимые сеяли механизированным спо- собом (сеялка СЗТ-3,6). Сев семян ржи в черезрядном посеве осуществляли туковы- севающим аппаратом. Площадь учетной делянки 75 м². Агротехника выращивания зерновых культур соответствовала реко- мендациям для Московской области.

В ходе вегетации проводили учеты при- хода солнечной радиации, биометрические наблюдения за развитием растений, высо- той и густотой стояния растений, измере- ния площади листьев, регистрацию интен- сивности фотосинтеза и концентрации СО₂ в посеве с помощью газоанализаторов ГИП-10 и ОА-5501, изучали структуру урожая.

В начальный период вегетации 1980 г. отмечались низкие среднесуточные темпе- ратуры, в отдельные дни мая развитие растений прекращалось. Сумма осадков, выпавших за лето, составила 135 % к нор- ме. Из-за ливневого дождя 26—27 июня на- блюдалось массовое полегание растений во всех вариантах. Вследствие выпревания

Т а б л и ц а 1

**Метеорологические условия
в годы проведения опытов**

Год	Май	Июнь	Июль	Ав- густ
Среднесуточная температура, °С				
Средняя много- летняя	11,5	15,0	17,4	15,5
1980	7,6	16,7	16,6	14,0
1981	12,9	18,4	20,2	16,4
1983	14,3	13,8	17,1	15,6
1984	14,8	14,4	16,5	14,2
1985	12,1	14,2	15,6	18,3
1986	16,9	13,4	17,8	14,1
Осадки, мм				
Средние много- летние	46,0	68,0	85,0	73,0
1980	69,4	85,7	93,7	112,3
1981	30,0	68,8	26,4	86,3
1983	28,6	33,7	132,0	59,6
1984	35,8	151,5	103,3	39,0
1985	54,6	92,7	83,1	12,7
1986	28,2	110,5	78,3	107,3

ранней весной 1981 г. погибло около 30 % растений. Вегетационный период 1981 г. был засушливым (табл. 1). Так, среднесу- точная температура за май—август ока- залась на 2,6 °С выше, чем средняя много-

летняя (абсолютный максимум 35,6 °С). В июне наблюдались суховейные дни. Осадков выпало 159,3 мм против 220 мм по норме. Температурный режим и количество осадков в 1983 г. соответствовали средним многолетним. Однако осадки выпадали неравномерно, что вызвало полегание растений (22 июня). В начале вегета-

ции 1984 и 1986 гг. наблюдалась повышенная температура, но лето было прохладным и дождливым. 25 июня 1984 г. под действием шквального ветра растения полегли. Вегетационный период 1985 г. отличался затяжной весной. Прохладная погода сохранялась в июне и июле. Как и в 1984 г., август выдался сухой и жаркий.

Результаты

Сравнительная оценка урожайности зерновых культур, выращиваемых в чистых и совместных посевах, показала, что различия по это-

Т а б л и ц а 2

Урожайность зерновых культур (ц/га) в чистых и совместных посевах

Посев	1980 г.	1981 г.	1983 г.	1984 г.	1985 г.	1986 г.	Средняя
Чистый:							
оз. пшеница	22,6	18,6	21,9	32,8	36,5	33,9	27,7
оз. рожь	27,2	28,7	21,2	50,7	30,2	26,7	30,8
Смешанный	26,6	24,5	24,3	41,6	32,9	29,3	29,9
Черезрядный	29,0	35,5	22,9	48,0	32,1	28,6	32,7
НСР ₀₅		5,3		6,4			

Примечание. Урожайность яровых культур в 1983 г. в чистом посеве составила: ячмень — 25,8 ц/га, овес — 24,4; в смешанном посеве — 24,7 и в черезрядном посеве — 24,9 ц/га.

Т а б л и ц а 3

Длина (см, числитель) и ширина (см, знаменатель) листовых пластинок

Вид	Номер листа (отсчет снизу)			
	1	2	3	4
Чистый посев				
Оз. пшеница	$7,2 \pm 0,5$	$7,5 \pm 0,2$	$12,1 \pm 0,5$	$7,8 \pm 0,3$
	$0,54 \pm 0,01$	$0,55 \pm 0,01$	$0,67 \pm 0,03$	$0,48 \pm 0,04$
Оз. рожь	$9,4 \pm 0,6$	$11,4 \pm 0,7$	$12,6 \pm 0,6$	$8,1 \pm 0,6$
	$0,83 \pm 0,02$	$0,90 \pm 0,05$	$1,03 \pm 0,03$	$0,75 \pm 0,06$
Смешанный посев				
Оз. пшеница	$6,6 \pm 0,3$	$7,0 \pm 0,4$	$9,8 \pm 0,4$	$6,9 \pm 0,4$
	$0,48 \pm 0,02$	$0,51 \pm 0,02$	$0,60 \pm 0,02$	$0,46 \pm 0,02$
t _ф	$\frac{1,03}{2,72}$	$\frac{1,16}{1,81}$	$\frac{3,65}{1,94}$	$\frac{1,80}{0,45}$
	$\frac{8,5 \pm 0,5}{0,70 \pm 0,04}$	$\frac{8,8 \pm 0,8}{0,73 \pm 0,03}$	$\frac{10,9 \pm 0,4}{0,88 \pm 0,04}$	$\frac{8,2 \pm 0,4}{0,77 \pm 0,06}$
t _ф	$\frac{1,11}{2,89}$	$\frac{2,56}{3,96}$	$\frac{2,21}{3,00}$	$\frac{0,13}{0,83}$
	Черезрядный посев			
Оз. пшеница	$5,6 \pm 0,2$	$6,0 \pm 0,3$	$10,3 \pm 0,3$	$7,7 \pm 0,5$
	$0,48 \pm 0,01$	$0,51 \pm 0,01$	$0,59 \pm 0,02$	$0,51 \pm 0,03$
t _ф	$\frac{2,96}{4,28}$	$\frac{4,81}{2,85}$	$\frac{3,60}{2,22}$	$\frac{0,16}{0,60}$
	$\frac{8,1 \pm 0,4}{0,79 \pm 0,03}$	$\frac{9,4 \pm 0,5}{0,76 \pm 0,03}$	$\frac{12,2 \pm 0,5}{0,98 \pm 0,03}$	$\frac{9,8 \pm 0,5}{0,91 \pm 0,04}$
t _ф	$\frac{1,68}{1,11}$	$\frac{3,37}{2,41}$	$\frac{0,51}{1,67}$	$\frac{2,10}{2,22}$

t₀₅=2,1; t₀₁=2,9

Жизнедеятельность листьев озимых зерновых культур (1984 г.)

Вид	5/V	15/V	22/V	15/VI	20/VI	25/VI	30/VI	10/VI1
Чистый посев								
Оз. пшеница	$\frac{8}{3,5}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{10}{4,5}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{—}{10}$
Оз. рожь	$\frac{8}{4}$	$\frac{10}{4,5}$	$\frac{11}{5}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{11}{10}$	$\frac{—}{11}$	$\frac{—}{—}$
Совместный посев								
Оз. пшеница	$\frac{8}{4}$	$\frac{9}{4,5}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{—}{10}$
Оз. рожь	$\frac{8}{4}$	$\frac{9}{4,5}$	$\frac{11}{5}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{11}{8,5}$	$\frac{11}{9}$	$\frac{—}{11}$	$\frac{—}{—}$

Примечание. В числителе — порядковый номер верхнего листа, в знаменателе — число отмерших листьев.

му показателю были достоверными лишь в 1981 и 1984 гг. (табл. 2). Варьирование показателя по повторениям достигало 70 % общего рассеяния. Таким образом, можно утверждать, что во взаимодействиях растений со средой и растений между собой ведущая роль принадлежит среде. Вклад межвидовых отношений в повышение продуктивности совместных посевов составил всего 10%, однако они дают более устойчивые урожаи. В этом и заключается их преимущество.

Как правило, совместные посевы по продуктивности не превосходили наиболее продуктивный компонент чистого посева. Это согласуется с данными [3]. Вместе с тем в наших исследованиях продуктивность черезрядных посевов была выше, чем чистых.

Фотосинтетическая деятельность совместных посевов была несколько иной, чем чистых. Известно, что этот показатель зависит от структуры посева и определяется способностью последнего поглощать энергию солнечных лучей [4].

При возделывании культур в совместных посевах изменяются доля компонентов по сравнению с исходной и биометрические показатели растений. Из приведенных в табл. 3 данных видно, что листья у озимой пшеницы в совместных посевах мельче, чем в чистых. У ржи отмечались увеличение флагового листа, а также более интенсивное нарастание листовой поверхности в весенний период. В отличие от ржи озимая пшеница в совместных посевах характеризовалась более продолжительной жизнедеятельностью верхнего листа (табл. 4).

Несомненно, различия в площади листьев, а также видовые особенности динамики ее формирования должны были сказаться на фотосинтетическом потенциале посевов (ФП) и использовании солнечной

Таблица 5

Густота продуктивного стеблестоя пшеницы (числитель) и ржи (знаменатель) на 1 м²

Вариант	1980 г.	1981 г.	1983 г.	1984 г.	1985 г.	V, %
Чистый посев	$\frac{600}{568}$	$\frac{320}{488}$	$\frac{633}{411}$	$\frac{440}{416}$	$\frac{385}{368}$	$\frac{28,5}{22,8}$
	$\frac{204}{312}$	$\frac{112}{352}$	$\frac{232}{213}$	$\frac{232}{304}$	$\frac{146}{237}$	$\frac{29,1}{20,1}$
Смешанный посев	$\frac{272}{268}$	$\frac{160}{384}$	$\frac{266}{232}$	$\frac{200}{224}$	$\frac{131}{263}$	$\frac{38,0}{23,4}$

Т а б л и ц а 6
Кустистость озимой пшеницы (числитель)
и ржи (знаменатель)

Посев	1980 г.	1981 г.	1983 г.
Чистый	1,78	2,17	2,62
	1,94	2,60	1,51
Смешанный	1,32	1,28	2,27
	2,36	2,42	1,76
Черезрядный	1,37	1,40	2,56
	2,30	2,88	1,54

энергии. Однако ФП в большей мере зависела от густоты стеблестоя, изменчивость которой за годы опытов была значительной. Коэффициент вариации числа продуктивных стеблей у ржи не превышал 23 %, у пшеницы он был выше и составлял 29—38 % (табл. 5).

Одной из причин более устойчивой урожайности культур в совместных посевах, по-видимому, является повышение их пластичности за счет изменения густоты стояния. Согласно [1]. в

смеси пшеницы и ржи вторая культура подавляет рост первой в результате действия корневых выделений. В наших исследованиях присутствие ржи в посевах отрицательно сказалось на кустистости озимой пшеницы (табл. 6), урожай которой формировался в основном за счет главных побегов.

Результаты наших опытов показывают, что проникновение солнечной радиации под покров чистых и совместных посевов зависит как от густоты стеблестоя, так и структуры посева. В 1983 г. в период интенсивного роста площади листьев отмечено, что суммарный поток солнечной энергии на поверхность почвы (измеренный пиранометром Янишевского с интегратором X-603) изменялся по вариантам в соответствии с изменением густоты стеблестоя (табл. 7). Морфологическая структура черезрядного посева была более выражена, а это, как и в работе [7], обеспечивало лучшую освещенность растений.

Различий в содержании CO₂ внутри посевов не было обнаружено. Скорость ветра (при измерении ручным анемометром) падала до нуля уже в верхней трети высоты посева.

Регулирование структуры посева — эффективный способ повышения урожайности, но до определенного предела. Дальнейшее увеличение продуктивности будет определяться ростом скорости фотосинтеза [2].

Наблюдения за фотосинтезом (табл. 8) показали, что его скорость в первую очередь зависит от метеорологических условий. Кроме того, на этот показатель оказывает влияние взаимоотношение растений. Так, в 1980 г. фотосинтез у озимой ржи в чистых посевах был выше, а в 1981 г. — ниже, чем при выращивании в совместных посевах. Противоположный эффект наблюдался у озимой пшеницы. Это позволило предположить, что повышение устойчивости продуктивности совместных посевов достигалось за счет компенсации различий в интенсивности фотосинтеза у разных видов под влиянием условий произрастания. Конкретизировать полученные результаты не удалось, так как изменения фотосинтеза под влиянием условий произрастания имеют

Т а б л и ц а 7

Сумма солнечной радиации под покровом озимых за день (Дж/см²)

Посев	Общая кустистость, ст/м ²	14/V	16/V	17/V	18/V	19/V	Средняя
Чистый:							
оз. пшеница	904	189	108	192	99	87	135,0
оз. рожь	588	183	150	255	135	126	169,8
Смешанный	636	231	126	207	93	90	149,4
Черезрядный	712	195	150	186	189	129	169,8

более сложную зависимость, что отмечено и другими исследователями [4, 5].

Рассматривая фотосинтез как процесс диффузии, можно отметить, что взаимовлияние растений не отразилось на удельной плотности листьев и числе устьиц. Так, у озимой пшеницы число устьиц в поле зрения микроскопа ($\times 600$) составило $9,8 \pm 0,24$; $9,6 \pm 0,27$; $9,8 \pm 0,27$ шт., а удельная плотность листьев — 4,26; 4,31 и 4,12 мг/см² соответственно у растений чистого, смешанного и черезрядного посевов.

Указанные выше изменения фотосинтетической деятельности отразились на сборе абсолютно сухого вещества (табл. 9), т. е. усвоении солнечной энергии. Урожайность зерна изменялась аналогично накоплению сухого вещества (табл. 2 и 9).

Изучение формирования урожая показало, что у пшеницы под влиянием межвидовых отношений при выращивании с рожью закладывается меньше колосков в колосе, чем в чистых посевах, но различия несущественны (табл. 10). Достоверно не подтверждены и различия по массе 1000 зерен. Следует, однако, отметить тенденцию к увеличению массы зерновок у культур совместного посева. В первую очередь мы связываем это с повышением устойчивости растений к полеганию.

Выводы

1. Совместные посевы зерновых культур в ряду лет обеспечивают устойчивые урожаи, что достигается за счет повышения густоты стояния растений, увеличения количества ярусов листьев и усиления усвояющей способности корней.

2. В совместных посевах по сравнению с чистыми уменьшаются

Таблица 8

Дневная продуктивность
видимого фотосинтеза листьев
зерновых культур (мг CO₂/дм²)
в чистом и совместных посевах

Фаза развития	Чистый посев	Совместный посев	
		смешанный	черезрядный
Озимые, 1980 г.			
Выход в трубку	112,4	102,5	77,8
	232,3	204,7	205,0
Колошение	90,9	109,9	—
	112,6	95,7	70,4
Цветение	94,8	144,3	135,0
	108,9	91,0	99,5
Молочная спелость	89,3	93,4	—
	106,9	76,2	—
Озимые, 1981 г.			
Выход в трубку	107,8	106,0	—
	113,0	125,6	132,4
Колошение	169,7	157,1	100,1
	109,8	146,3	154,6
Молочная спелость	135,8	99,1	94,3
	—	—	—
Яровые, 1981 г.			
Выход в трубку	103,3	70,1	104,4
	111,3	117,4	106,0
Колошение	97,4	110,4	—
	122,1	86,5	—
Молочная спелость	30,6	23,1	31,2
	19,2	38,7	19,2

Примечание. В числителе — оз. пшеница, яр. овес; в знаменателе — оз. рожь, ячмень.

Таблица 9
Накопление абсолютно сухого вещества зерновыми культурами
и коэффициент использования ФАР

Посев	Озимые		Яровые	
	1980 — 1985 гг.	Кфар %	1981 г., ц/га	Кфаф' %
Чистый:				
оз. пшеница, ячмень	104,6	1,65	69,2	1,51
оз. рожь, овес	115,8	1,84	73,2	1,60
Смешанный	108,5	1,72	67,6	1,48
Черезрядный	117,8	1,87	66,8	1,46

Число колосков в колосе (метелке) и масса 1000 зерен
у озимой пшеницы и ячменя (числитель) и озимой ржи, овса (знаменатель)

Посев	Число колосков, шт.		Масса 1000 зерен, г		
	озимые* 1980— 1985 гг.	яровые 1981 г.	озимые 1980— 1985 гг.	t	яровые 1981 г.
Чистый	14,6	17,6	44,8	—	36,5
	<u>26,3</u>	<u>17,0</u>	<u>32,4</u>		<u>28,8</u>
Смешанный	14,0	16,9	43,3	0,45	35,9
	<u>26,5</u>	<u>15,8</u>	<u>33,6</u>	<u>0,68</u>	<u>27,2</u>
Черезрядный	14,2	17,6	43,7	0,50	39,0
	<u>26,9</u>	<u>13,9</u>	<u>33,6</u>	<u>0,76</u>	<u>28,5</u>

* $F_T=5,1$; $F\phi=2,8$.

размеры листьев, особенно у озимой пшеницы, а интенсивность видимого фотосинтеза существенно не отличается от этого показателя в чистых посевах. Общая площадь ассимилирующей поверхности в совместных посевах выше.

3. Освещенность листьев разных ярусов в черезрядном посеве более благоприятная из-за значительных различий в геометрической структуре компонентов посевов.

4. Межвидовые взаимоотношения практически не влияют на элементы продуктивности колоса (метелки), так как в чистых посевах доля боковых побегов выше, а размер соцветий меньше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Е. В. Смешанные посевы зерновых культур. — Сельск. хоз-во за рубежом. Растениеводство, 1971, № 3, с. 5—8. — 2. Гуляев Б. И. Фотосинтез и продукционный процесс. — Киев: Наукова думка, 1983. — 3. Гуляев Г. В. Теоретические основы составления и использования смесей зерновых культур. — Ученые зап. Пензенского СХИ, 1963, вып. 9, с. 182—192. — 4. Починок Х. Н.,

Лаврентович Д. И., Оканенко А. С. и др. Использование солнечной энергии уплотненными посевами. — С.-х. биология, 1968, т. III, № 4, с. 614—618. — 5. Юрин П. В. Структура агрофитоценоза и урожай. — М.: Изд-во МГУ, 1979. — 6. Формирование урожая основных с.-х. культур. — М.: Колос, 1984. — 7. Reddy M. R., Prasad Rajendra. — Biol. plant., 1979, vol. 21, N 2, p. 85—91.

Статья поступила 12 февраля 1987 г.

SUMMARY

It is found that combined growing of grain crops (in mixture and in alternating rows) provides stable yields for a number of years. Under the effect of interspecific relations the size of leaves decreased. With sowing in alternating rows the light regime is more favourable than under pure sowing. More stable yields are obtained due to optimization of thickness under the effect of interspecific relations.