

УДК 631.8:631.51:581.132:633.11“324”:633.63(470.32)

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РЕГИОНЕ

© 2024 г. О. А. Минакова¹, П. А. Косякин^{1,*}, О. К. Боронтов¹, Е. Н. Манаенкова¹¹Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
396030 Воронежская обл., Рамонский р-н, п. ВНИИСС, 86, Россия

*E-mail: kosiakinp@mail.ru

В полевом стационарном опыте на черноземе выщелоченном ЦЧР изучено действие удобрений и обработки почвы на продуктивность фотосинтеза посевов озимой пшеницы и сахарной свеклы. Установлено, что существенный прирост урожая культур достигается благодаря оптимизации обработки почвы и внесению удобрений, а также за счет увеличения суммарной площади поверхности листьев, фотосинтетическая продуктивность работы которой в расчете на единицу листовой поверхности, уменьшалась.

Ключевые слова: озимая пшеница, сахарная свекла, обработка почвы, удобрения, продуктивность фотосинтеза, ассимиляционный аппарат растений.

DOI: 10.31857/S0002188124030039, **EDN:** DNWKON

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение производства сельскохозяйственной продукции — основа продовольственной безопасности, которая достигается при улучшении агротехники возделывания культур. Интенсивное использование почвы с большим количеством обработок приводит к изменению агрофизических, биологических свойств почвы, ухудшению развития растений. Оптимизация обработок почвы и применение удобрений направлены на создание благоприятных условий для растений [1–3], усиления фотосинтетической активности и роста растений [4–6].

Продуктивность фотосинтеза определяется развитием листовой поверхности и интенсивностью фотосинтетических процессов, приходящихся на единицу листовой поверхности [7, 8]. Оптимальный фотосинтетический потенциал для зерновых культур составляет ≥ 2 млн $\text{м}^2/\text{га}/\text{сут}$ [10]. В условиях Подмосковья фотосинтетический потенциал озимой пшеницы составлял 2.7, в ЦЧР — 2.8 млн $\text{м}^2/\text{га}/\text{сут}$ [11]. Фотосинтетический потенциал сахарной свеклы равен 2.65 млн $\text{м}^2/\text{га}/\text{сут}$ [12].

Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза зависят от агротехники возделывания сельскохозяйственных культур — обработки почвы, удобрения, сорта, стимуляторов роста и др. [13–19]. Цель работы — оценка влияния систем удобрения

и способов обработки почвы на формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы и сахарной свеклы в Центрально-Черноземном регионе.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Следование проведено в 2019–2021 гг. в паровом звене 9-польного плодосменного севооборота со следующим чередованием культур: черный пар — озимая пшеница — сахарная свекла — ячмень с подсевом клевера, клевер на 1-й укос — озимая пшеница — сахарная свекла — однолетние травы — кукуруза на зеленый корм. В натуре опыт имеет 9 полей, включение в схему опыта осуществлено с 1985 г.

Варианты обработки почвы:

А — разноглубинная отвальная обработка: вспашка под кукурузу и черный пар на глубину 25–27 см; под ячмень, озимую пшеницу после клевера, однолетние травы — на глубину 20–22 см; под сахарную свеклу — на 30–32 см по схеме улучшенной зяби.

Г — безотвальная (плоскорезная) обработка: под кукурузу и черный пар на глубину 25–27 см; под озимую пшеницу после клевера, ячмень, однолетние травы — на глубину 20–22 см; под сахарную свеклу — на 30–32 см с предварительным плоскорезным рыхлением на 14–16 см.

Д – комбинированная обработка: вспашка под кукурузу и черный пар на глубину 25–27 см; плоскорезная (безотвальная) обработка под озимую пшеницу после клевера, однолетние травы, ячмень на глубину 20–22 см; под сахарную свеклу – на 30–32 см по схеме улучшенной зяби с предварительным плоскорезным рыхлением на 14–16 см.

Удобрения, варианты: 1 – контроль (без удобрений), 2 – навоз 50 т/га в черном пару и под сахарную свеклу в звене с клевером. Внесение минеральных удобрений: под озимую пшеницу после клевера – N60P60K60, под ячмень – N40P40K40, под однолетние травы – N20P20K20, подкормка клевера – N20P20K20, под кукурузу – N60P60K60, под сахарную свеклу в звене с паром – N160P160K160, в звене с клевером – N150P150K150. Всего вносили N59P59K59 + навоз 11 т/га севооборотной площади ежегодно. В качестве минеральных удобрений использовали нитроаммофоску (16: 16: 16), внесенную под основную обработку почвы РУМ-500. Органические удобрения вносили ПТУ-1.0.

Площадь делянки в вариантах обработки почвы – 121 м², внесения удобрений – 112 м², учетная – 20 м², повторность трехкратная. Размещение делянок – методом расщепленных блоков.

Основную обработку почвы проводили, используя плуг ПНО-3-35, плоскорез КПП-250, дисковый лушитель ЛДГ-10. Учет урожайности озимой пшеницы осуществляли комбайном “Сампо-500”, сахарной свеклы – вручную. Возделывали районированный сорт озимой пшеницы Крастал и гибрид сахарной свеклы РМС 121.

За вегетационный период 2019 г. выпало 201 мм осадков при ГТК = 0.9, за 2020 г. – 182 мм и 0.6, за 2021 г. – 295 мм и 1.0 соответственно, при среднемноголетних показателях 332 мм и 1.2.

Почва стационарного опыта – чернозем выщелоченный малогумусный среднемогучий тяжелоуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое составляло 5.3–5.6% со средним содержанием питательных элементов и оптимальными физическими свойствами [20].

Пробы растений отбирали в основных фазах вегетации культур в 2-х несмежных повторениях. В них определяли прирост сухой надземной биомассы, площадь поверхности листьев (методом высечек), чистую продуктивность фотосинтеза и фотосинтетический потенциал по методике [20], качество корнеплодов сахарной свеклы – на автоматизированном комплексе “Betalyser”, качество зерна озимой пшеницы – по методике [21].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено изменение показателей фотосинтетической активности посевов озимой пшеницы в зависимости от агротехнических условий выращивания. В фазе весеннего возобновления вегетации площадь поверхности листьев составляла без удобрений 3.4–5.7 тыс. м²/га, с их использованием – 5.7–6.5 тыс. м²/га, или увеличивалась на 14–85% (табл. 1).

Безотвальная обработка почвы уступила по этому показателю отвальной и комбинированной обработкам. К фазе трубкования площадь листьев возросла до 27.9 тыс. м²/га в контрольных вариантах и до 43.9 тыс. м²/га – в удобренных, или в 5 раз.

Различия площади листовой поверхности между вариантами обработки почвы были существенными, а максимальный показатель при комбинированной обработке составил 43.9 тыс. м²/га. Максимальная площадь поверхности листьев формировалась в фазе колошения и при применении удобрений. Она составила: при отвальной обработке почвы – 42.7, при безотвальной – 40.4, при комбинированной – 45.8 тыс. м²/га. К фазе цветения данный показатель снижался на 44–85%, более значительное снижение наблюдали при комбинированной обработке почвы. К фазе молочной спелости снижение этого показателя было более ощутимым, а площадь листьев составила 16.3 тыс. м²/га.

Фотосинтетический потенциал посевов без применения удобрений во всех фазах развития растений был значительно меньше, чем при их применении, и варьировал в зависимости от фаз вегетации при отвальной обработке почвы от 86 до 419, при безотвальной – от 56 до 370, при комбинированной – от 51 до 338 тыс. м²/га/сут. При внесении удобрений фотосинтетический потенциал посевов увеличивался до 660 тыс. м²/га/сут в фазе молочной спелости в варианте отвальной обработки.

За вегетацию без удобрений фотосинтетический потенциал не превышал 1350 тыс. м²/га/сут, при применении удобрений и отвальной обработке он увеличивался до 2030 тыс. м²/га/сут. Безотвальная обработка почвы снизила фотосинтетический потенциал посевов озимой пшеницы на 20% по сравнению с отвальной обработкой.

Формирование надземной сухой массы растений особенно активно происходило в период от весеннего возобновления вегетации до фазы трубкования. При этом накопилось 3.5–9.1 т сухого вещества/га. Наибольший прирост биомассы растений в этот период отмечен в удобренном варианте с комбинированной обработкой почвы.

В последующих фазах развития озимой пшеницы темпы прироста биомассы несколько уменьшились, однако в период от цветения до молочной

Таблица 1. Фотосинтетические показатели посевов озимой пшеницы в зависимости от удобрений и обработки почвы

Дата учета, фаза развития	Системы обработки почвы и удобрения						HCP_{05}
	отвальная		безотвальная		комбинированная		
	0	NPK	0	NPK	0	NPK	
Площадь поверхности листьев, тыс. м ² /га							
10.04. Весеннее возобновление вегетации	5.7	6.5	3.4	5.7	3.4	6.3	1.4
25.05. Трубкавание	27.9	33.9	18.1	26.5	19.0	43.9	3.1
05.06. Колошение	29.2	42.7	27.1	40.4	26.0	45.8	4.7
15.06. Цветение	18.7	36.3	22.6	27.6	14.0	20.1	2.9
05.07. Молочная спелость	14.8	16.3	7.0	10.8	6.1	13.6	2.0
Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га/сут							
10.04. Весеннее возобновление вегетации	86	98	51	86	51	95	
25.05. Трубкавание	252	303	161	241	169	375	
05.06. Колошение	353	574	339	502	338	673	
15.06. Цветение	240	395	249	340	200	330	
05.07. Молочная спелость	419	660	370	480	250	421	
Сумма за вегетацию	1350	2030	1170	1650	1010	1900	
Сухая надземная масса растений, т/га							
10.04. Весеннее возобновление вегетации	0.5	0.5	0.2	0.3	0.2	0.6	0.1
25.05. Трубкавание	4.7	5.6	4.3	5.1	3.5	9.1	0.4
10.06. Колошение	7.5	8.6	5.5	8.1	8.4	12.7	0.5
15.06. Цветение	9.3	13.1	9.5	9.6	9.3	12.8	0.9
05.07. Молочная спелость	13.3	17.0	10.4	13.0	11.8	16.4	1.1
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сут							
10.04. Весеннее возобновление вегетации	5.5	5.5	4.8	3.6	4.1	5.9	0.3
25.05. Трубкавание	16.7	16.7	25.2	19.7	19.6	22.7	0.9
05.06. Колошение	7.9	5.2	3.7	6.4	14.5	5.4	0.4
15.06. Цветение	7.6	11.5	16.0	4.7	4.5	0.2	0.4
05.07. Молочная спелость	9.5	5.8	2.5	6.4	10.0	8.4	0.6
Среднее за вегетацию	10.2	8.4	8.9	7.9	11.7	8.6	0.7
Среднее в расчете на зерно, кг/тыс. м ² /га/сут	2.7	2.2	3.2	2.6	3.6	2.4	0.3

спелости они увеличились, и перед уборкой образовывалась максимальная сухая надземная биомасса озимой пшеницы, которая варьировала от 10.4 т/га при безотвальной обработке почвы без удобрений до 16.4 т/га — при комбинированной обработке с применением удобрений. Установлено, что удобрения при отвальной обработке почвы на 28% увеличивали сухую массу растений, при безотвальной — на 25, при комбинированной — на 39% по сравнению с контролем.

Чистая продуктивность фотосинтеза была наиболее высокой в межфазный период весеннего

возобновления вегетации—трубкавания при отвальной обработке — 16.7, при безотвальной — 25.2, при комбинированной — 19.6 $г/м^2/сут$. При применении удобрений величина этого показателя при отвальной обработке не изменялась, при безотвальной — уменьшилась до 19.7 $г/м^2/сут$ (на 22%), при комбинированной — увеличилась до 22.7 $г/м^2/сут$, или на 16%.

В более поздних фазах развития чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы сокращалась до 0.2 $г/м^2/сут$. Более стабильной чистая продуктивность фотосинтеза оставалась в период

от колошения до молочной спелости при отвальной обработке без удобрений — 7.6–10.2 г/м²/сут.

В среднем, за вегетацию максимальная продуктивность фотосинтеза определена в контрольных вариантах — 8.9 при безотвальной обработке, 10.2 — при отвальной и 11.7 г/м²/сут — при комбинированной. В удобренных вариантах продуктивность фотосинтеза составила 7.9–8.6 г/м²/сут, или на 11–27% меньше. Можно предположить, что при применении удобрений увеличивался расход энергетических ресурсов на дыхание и транспирацию посевами с более развитой листовой поверхностью [23].

В целом продуктивность фотосинтеза в расчете на зерно составила 2.2–3.6 кг/тыс. м²/га/сут, что согласовалась с результатами исследований других авторов [6, 11].

Урожайность озимой пшеницы не зависела от обработки почвы, а удобрения увеличивали ее на 13–26%. Максимум составил 4.6 т/га при комбинированной обработке почвы (табл. 2).

Условия возделывания озимой пшеницы повлияли не только на фотосинтетические показатели посевов и урожайность, но и на качество зерна. Например, наибольшее содержание белка 13.2–13.6% было при безотвальной и отвальной обработках почвы с применением удобрений. Без удобрений содержание белка снижалось на 0.4–2.3 абс.%. Также в этих вариантах определено наибольшее содержание клейковины — 27.7 и 29.3%, при стекловидности 95.5–95.8%. Наибольший выход муки (72.7 и 75.2%) отмечен в варианте комбинированной обработки почвы.

Фотосинтетическая активность посевов сахарной свеклы характеризует условия выращивания культуры. В начальный период (5 пар настоящих листьев) формирование ассимиляционного аппарата сахарной свеклы происходило медленно, и за 55 сут развития площадь поверхности листьев составила 5.2–12.8, в том числе в удобренных вариантах — 9.7–12.8 тыс. м²/га. Без удобрений площадь листьев снижалась на 40–47%. Также значительно, на 25%, снижалась площадь листьев при

безотвальной обработке по сравнению с отвальной и комбинированной обработками почвы (табл. 3).

Максимальная площадь листьев (13.2–32.3 тыс. м²/га) определена в фазе смыкания листьев в междурядьях. Закономерности, выявленные в начале вегетации, были характерны и для этой фазы развития. В фазе интенсивного сахаронакопления площадь листьев сократилась до 8.1–17.8, в фазе технической спелости — до 4.8–14.1 тыс. м²/га, и различия между вариантами сглаживались. Однако при комбинированной обработке с внесением удобрений площадь листьев оставалась самой высокой.

Фотосинтетический потенциал сахарной свеклы в течение вегетации изменялся соответственно изменению площади листьев — от 142 в фазе 5-ти пар настоящих листьев при безотвальной обработке почвы без удобрений, до 735 тыс. м²/га/сут в фазе интенсивного сахаронакопления при комбинированной обработке почвы с применением удобрений. Установлено, что комбинированная обработка почвы с применением удобрений во всех фазах развития увеличивала фотосинтетический потенциал культуры. Например, в фазе 5-ти пар настоящих листьев он составил 320, в фазе смыкания листьев в междурядьях — 677, в фазе интенсивного сахаронакопления — 735, в фазе технической спелости — 693 тыс. м²/га/сут.

Наибольший фотосинтетический потенциал за вегетацию составил 2430 тыс. м²/га/сут в варианте комбинированной обработки почвы с применением удобрений, что было на 53% больше, чем без удобрений, и на 6% больше, чем при отвальной обработке.

Сухая масса растений увеличивалась с 0.3–0.8 т/га в фазе 5-ти пар настоящих листьев до 9.9–13.8 т/га при технической спелости корнеплодов. Наибольшая сухая масса растений во всех фазах развития образовывалась в варианте комбинированной обработки почвы с применением удобрений, а наименьшая — в контроле при безотвальной обработке. Удобрения увеличивали сухую массу растений при безотвальной обработке на 12, при комбинированной — на 35%

Таблица 2. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от агротехники возделывания

Система		Урожайность, т/га	Содержание, %		Стекловидность, %	Выход муки, %
обработки	удобрения		белок	клейковина		
Отвальная	0	3.60	12.3	25.1	96.8	70.8
	NPK	4.46	13.6	29.3	95.8	71.5
Безотвальная	0	3.80	10.9	20.4	91.8	71.4
	NPK	4.36	13.2	27.7	95.5	72.4
Комбинированная	0	3.77	12.2	24.8	91.8	73.2
	NPK	4.60	12.6	25.0	92.8	72.7
HCP ₀₅		0.3	0.5	1.4		

Таблица 3. Фотосинтетические показатели посевов сахарной свеклы в зависимости от удобрений и обработки почвы

Дата учета, фаза развития	Системы обработки почвы и удобрения						HCP_{05}
	отвальная		безотвальная		комбинированная		
	0	NPK	0	NPK	0	NPK	
Площадь поверхности листьев, тыс. м ² /га							
25.06. 5 пар настоящих листьев	8.1	15.2	5.7	9.7	5.2	12.8	2.5
25.07. Смыкание листьев в междурядьях	22.0	27.0	13.2	21.4	19.2	32.3	2.8
25.08. Интенсивное сахаронакопление	15.0	17.8	8.1	11.7	15.6	16.7	1.7
05.10. Техническая спелость	5.7	8.6	4.8	7.9	5.2	14.1	1.5
Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га/сут							
25.06. 5 пар настоящих листьев	203	380	142	242	130	320	
25.07. Смыкание листьев в междурядьях	451	633	284	467	366	677	
25.08. Интенсивное сахаронакопление	555	672	320	497	522	735	
05.10. Техническая спелость	466	594	290	441	468	693	
Сумма за вегетацию	1680	2280	1040	1650	1490	2430	
Сухая масса растений (ботва + корни), т/га							
25.06. 5 пар настоящих листьев	0.5	0.8	0.3	0.6	0.5	0.8	0.2
25.07. Смыкание листьев в междурядьях	3.6	6.4	2.6	4.4	3.5	6.1	0.9
25.08. Интенсивное сахаронакопление	7.1	7.9	3.9	4.5	5.8	9.5	1.1
05.10. Техническая спелость	12.3	12.4	9.9	11.1	10.2	13.8	1.4
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сут							
25.06. 5 пар настоящих листьев	2.5	2.1	2.1	2.3	4.0	2.5	0.2
25.07. Смыкание листьев в междурядьях	6.9	8.8	8.2	8.1	8.1	7.8	0.4
25.08. Интенсивное сахаронакопление	6.3	2.1	3.8	0.2	4.4	4.6	0.2
05.10. Техническая спелость	11.2	7.7	20.7	15.0	9.3	6.2	1.2
Среднее за вегетацию	7.3	5.4	9.5	6.7	6.9	5.7	0.6
Среднее в расчете на сырые корне- плоды, кг/тыс. м ² /га/сут	19.2	16.2	24.0	20.1	18.7	16.5	3.2

и не влияли на этот показатель в варианте отвальной обработки.

Чистая продуктивность фотосинтеза сахарной свеклы в фазе 5-ти пар настоящих листьев составила 2.1–4.0 г/м²/сут, в фазе смыкания рядков она была максимальной (6.9–8.8 г/м²/сут). При этом внесение удобрений и отвальная обработка почвы значительно увеличивали этот показатель. Максимальная продуктивность фотосинтеза определена в период перед уборкой, когда происходил наибольший прирост массы корнеплодов. Установлено, что в этой фазе развития наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза была в варианте

безотвальной обработки почвы и составила без удобрений 20.7, при их применении – 15.0, в варианте отвальной обработки эти показатели составили 9.3 и 6.2 г/м²/сут соответственно.

В целом, за весь вегетационный период чистая продуктивность фотосинтеза составила при отвальной обработке без удобрений 7.3, при безотвальной – 9.5, при комбинированной – 6.9 г/м²/сут. При внесении удобрений величина показателя снижалась на 18–30%. При расчете продуктивности фотосинтеза на урожай сырых корнеплодов максимум (24.0 кг/тыс. м²/га/сут) отмечен в варианте с безотвальной обработкой без удобрений,

Таблица 4. Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от удобрений и обработки почвы

Система		Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	Содержание ммоль/100 г свеклы			Выход сахара, %	Потери сахара в мелассе, %	Коэффициент извлечения сахара, %
обработки	удобрения				Na ⁺	K ⁺	α-аминовый азот			
Отвальная	0	32.2	18.2	5.9	0.44	4.28	2.30	15.6	1.59	85.8
	NPK	37.0	17.9	6.6	0.53	4.59	2.70	15.2	1.74	84.7
Безотвальная	0	24.9	18.7	4.6	0.42	3.95	2.09	16.2	1.51	86.6
	NPK	33.2	18.4	6.1	0.65	3.88	2.59	15.2	1.65	85.7
Комбинированная	0	27.8	18.3	5.1	0.38	4.05	2.07	16.8	1.51	86.3
	NPK	40.0	18.4	7.4	0.53	3.36	2.09	16.0	1.44	86.7
HCP ₀₅		2.5	0.3	0.4						

минимум (16.2 кг/тыс. м²/га) — с отвальной обработкой и применением удобрений.

Высокая продуктивность фотосинтеза не соответствовала большей урожайности сахарной свеклы. При применении удобрений и отвальной обработке урожайность составила 37.0, при комбинированной — 40.0 т/га (HCP₀₅ = 2.5). Безотвальная обработка на 11% снижала урожайность культуры по сравнению с отвальной. Без применения удобрений урожайность сахарной свеклы снижалась на 23–30% (табл. 4).

Качество сахарной свеклы определяется как сахаристостью, так и технологическими показателями корнеплодов. Установлено, что наибольшая сахаристость была при безотвальной обработке в контроле — 18.7%, однако по выходу сахара на заводе и коэффициенту его извлечения наибольшие показатели были при комбинированной обработке с применением удобрений. Выход сахара составил 16.0, а коэффициент его извлечения — 86.7%, сбор сахара — 7.4 т/га.

ВЫВОДЫ

Наибольший фотосинтетический потенциал озимой пшеницы (1900–2030 тыс. м²/га/сут) и сахарной свеклы (2280–2430 тыс. м²/га/сут) формировался при внесении удобрений и применении разноглубинной отвальной и комбинированной обработок почвы в севообороте.

Максимальная продуктивность фотосинтеза отмечена в варианте без применения удобрений и при комбинированной обработке почвы при возделывании озимой пшеницы — 11.7, сахарной свеклы — 9.5 г/м²/сут при безотвальной обработке.

Основная обработка почвы не влияла на урожайность озимой пшеницы, которая составила в контроле

3.6–3.8 т/га, удобрения увеличивали ее на 13–26% при улучшении качества зерна. Лучшее качество зерна определено в варианте разноглубинной отвальной обработки почвы.

Наибольшая урожайность сахарной свеклы 40.0 т/га, сбор сахара 7.4 т/га и коэффициент его извлечения 86.7% были получены при комбинированной обработке почвы в удобренном варианте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1356–1364.
2. Гостев А.В. Условия формирования зерна высокого качества в высокопродуктивных ресурсосберегающих технологиях ЦЧР // Земледелие. 2019. № 6. С. 18–20.
3. Косякин П.А., Боронтов О.К., Путилина Л.Н., Манаенкова Е.Н. Содержание питательных элементов в черноземе выщелоченном в зависимости от агротехнических и погодных условий возделывания сахарной свеклы в ЦЧР // Агрохимия. 2020. № 2. С. 22–30.
4. Боронтов О.К., Косякин П.А., Безлер Н.В., Манаенкова Е.Н. Влияние основной обработки почвы на микробиологическую активность, питательный режим чернозема выщелоченного и продуктивность сахарной свеклы в ЦЧР // Земледелие. 2022. № 2. С. 44–48.
5. Турусов В.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А., Корнилов В.Н. Биологическая активность и питательный режим почвы при различных приемах обработки под однолетние травы // Земледелие. 2020. № 6. С. 25–28.

6. Никитишин В.И., Терехова Л.М., Личко В.И. Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза растений в различных условиях минерального питания // *Агрохимия*. 2007. № 8. С. 35–43.
7. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд-во АН СССР. 1965. 170 с.
8. Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений // *Физиология растений*. 1977. № 8. С. 38–44.
9. Шатилов И.С., Замараев А.Г., Духанин Ю.А., Чаповская Г.В. Формирование и продуктивность работы фотосинтетического аппарата сельскохозяйственных растений в севообороте // *Изв. ТСХА*. 1989. Вып. 6. С. 18–26.
10. Шатилов И.С., Замараев А.Г., Духанин Ю.А., Чаповская Г.В., Савич В.И., Замараев А.А., Шаров А.Ф., Исмаилова Н.Х. Энергомассообмен в звене полевого севооборота. Ч. 1. Оптимальные параметры системы почва–растение на дерново-подзолистых почвах с целью получения высоких, устойчивых урожаев полевых культур // М.: Агроконсалт, 2004. 366 с.
11. Семьин В.А., Пигорев И.К. Фотосинтетическая продуктивность озимой пшеницы в условиях Черноземья России // *Фундамент. исслед-я*. 2007. № 2. С. 42–47.
12. Косякин П.А., Боронтов О.К., Манаенкова Е.Н. Динамика формирования листовой поверхности сахарной свеклы в зависимости от агротехники возделывания и удобрений // *Сахар. свекла*. 2020. № 6. С. 25–28.
13. Доронина О.С., Кудряшов А.В., Доронина Н.С. Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза сахарной свеклы в зависимости от предпосевной обработки семян биопрепаратами и доломитовым порошком // *Нива Поволжья*. 2008. № 3(8). С. 84–86.
14. Ничипорович А.А., Строганов Л.Е., Чмора С.Н. Синтетическая деятельность растений в посевах // М.: Изд-во АН СССР, 1971. 136 с.
15. Подлесных Н.В. Фотосинтетическая деятельность посевов разных видов озимой пшеницы в условиях лесостепи Центрального Черноземья // *Вестн. Воронеж. ГАУ*. 2016. № 2(49). С. 19–30.
16. Соловьев С.В., Гераськин А.И. Агроприемы, регулирующие рост растений и чистую продуктивность фотосинтеза // *Вестн. Мичурин. ГАУ*. 2011. № 2. С. 99–103.
17. Ландербургская А.В., Ефремова Е.В., Ткачук О.А., Богомазов С.В. Фотосинтетическая продуктивность озимой пшеницы в зависимости от элементов биологизации технологии возделывания в лесостепи Среднего Поволжья // *Молод. ученый*. 2022. № 6(401). С. 108–111.
18. Кузина Е.В., Шарипов Р.В. Формирование продуктивности посевов озимой пшеницы в зависимости от основных агроприемов возделывания в условиях лесостепи Среднего Поволжья // *Мат-лы Всерос. научн.-практ. конф., посвящ. 110-летию основания Ульяновского НИИСХ*. 2021. С. 74–81.
19. Дворянкин Е.А. Оптимизация возделывания сахарной свеклы. Научн.-практ. рук-во. Воронеж, 2019. 252 с.
20. Боронтов О.К., Косякин П.А., Манаенкова Е.Н. Влияние обработки и удобрений на питательный режим и физические свойства почвы при возделывании сахарной свеклы // *Земледелие*. 2020. № 2. С. 33–35.
21. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев // *Тимирязевские чтения*. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 56 с.
22. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М.: Колос, 1989. 197 с.
23. Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 193 с.

Influence of Fertilizer Systems and Tillage Methods on the Formation of the Assimilation Apparatus and Photosynthesis Productivity of Winter Wheat and Sugar Beet in the Central Chernozem Region

O. A. Minakova^a, P. A. Kosyakin^{a,*}, O. K. Borontov^a, E. N. Manaenkova^a

^a*Mazlumov All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar,
p. VNISS, 86, Voronezh region, Ramonsky district 396030, Russia*

^{*}*E-mail: kosyakinp@mail.ru*

The effect of fertilizers and soil tillage on the photosynthesis productivity of winter wheat and sugar beet crops was studied in a stationary field experiment on leached chernozem of the Central Chernozem region. It was found that a significant increase in crop yield is achieved by optimizing soil tillage and fertilization, as well as by increasing the total area of the leaf surface, the photosynthetic productivity of which decreased per unit of leaf surface.

Keywords: winter wheat, sugar beet, tillage, fertilizers, photosynthesis productivity, plant assimilation apparatus.