

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ С УДОБРЕНИЯМИ

А.Ф. Стулин¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
Л.Д. Стахурлова², кандидат биологических наук

¹Воронежский филиал Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы,
396812, Воронежская область, Хохольский район, ул. Чайнова, 13
E-mail: opytное@yml.ru

²Воронежский государственный университет,
394006, Воронеж, Университетская пл., 1
E-mail: stakhurlova@rambler.ru

*В течение 5 ротаций 10-польного севооборота в стационарном полевом опыте исследовано влияние ежегодного применения удобрений на урожайность и качество семян подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). Изучали динамику питательного режима в слоях почвы 0-25 и 25-40 см в течение вегетации растений. Показано, что оптимальной дозой удобрений под подсолнечник следует считать $N_{60}P_{60}K_{60}$, которая обеспечивает прирост урожайности на 0,4-0,7 т/га, при этом сбор масла увеличивается на 25% по сравнению с фоном без удобрений (0,8 т/га). Хозяйственный вынос от биологического (с учетом корневой системы на естественном фоне) составил по азоту 50%, фосфору – 54% и калию – 12% и был практически одинаковым на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – соответственно 48, 51 и 9%. Изменение соотношения азота, фосфора и калия в полном удобрении не влияло на сбор масла. Внесение отдельно фосфорных и калийных удобрений было неэффективным. Сделан вывод о том, что увеличение дозы удобрений экономически нецелесообразно.*

SUNFLOWER PRODUCTIVITY ON LEACHED CHERNOZEMS IN LONG-TERM EXPERIENCE WITH FERTILIZERS

Stulin A.F.¹, Stakhurlova L.D.²

¹Voronezh branch of all-Russian research Institute of maize,
Voronezhskaya oblast, Khokholskiy rayon, ul. Chayanova, 13
E-mail: opytное@yml.ru

²Voronezh state University, 394006, Voronezh, Universitetskaya pl. 1
E-mail: stakhurlova@rambler.ru

*During 5 rotations of ten-field rotation in stationary field experiment the influence of annual application of fertilizers on productivity and quality of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.) was studied. The dynamics of the nutrient regime in the soil layers of 0-25 and 25-40 cm during the vegetation period was studied. It is shown that the optimal dose of fertilizers for sunflower should be considered $N_{60}P_{60}K_{60}$, which provides an increase in yield by 0.4-0.7 t/ha, while the oil collection increases by 25% compared to the non-porous background (0.8 t/ha). Economic takeaway from biological, taking into account the root system on a natural background, was 50 % nitrogen, 54 % phosphorus and 12 % potassium and was almost the same against the background of $N_{60}P_{60}K_{60}$ respectively, the elements: 48%, 51% and 9%. The change in the ratio of nitrogen, phosphorus and potassium in the complete fertilizer did not effect the oil collection. Application of phosphorus and potassium fertilizers separately was inefficient. Increasing the dose of fertilizers is not economically feasible.*

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, длительный опыт, удобрения, элементы питания растений, подсолнечник, урожайность, качество семян

Key words: leached chernozem, long-term experience, fertilizers, sunflower, nutrients, yield, seed quality

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) на протяжении долгого времени служит ведущей масличной культурой в Российской Федерации. Основные районы его возделывания расположены в Центрально-Черноземной зоне, Поволжье, Сибири, на Северном Кавказе [1]. За последние 6 лет посевные площади культуры превысили 7,5 млн га с варьированием по годам от 6,9 млн в 2014 г. до 8,2 млн га в 2018 г. Наша страна производит 20,3% от общего мирового сбора семян [2], при этом на долю подсолнечника приходится 82% [3]. Его высокая рентабельность обусловлена возрастающим спросом на продукцию переработки маслосемян. К эффективному средству повышения продуктивности подсолнечника относятся удобрения, однако многолетних данных, полученных в стационарных опытах, о влиянии систематического их внесения в севообороте на урожайность и качество семян этой культуры недостаточно.

Целью настоящей работы было исследование влияния длительного систематического применения минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы в посевах подсолнечника в течение его вегета-

ции, урожайность и качество семян подсолнечника за 5 ротаций 10-польного севооборота, вынос элементов питания и возврат их в почву с корневыми остатками в агроэкологических условиях Центрального Черноземья.

Методика. Длительные стационарные полевые опыты заложены в 1960 г. и включены в реестр «Географической сети опытов с удобрениями» (ВНИИ кукурузы) с координатами 51°36'28,8"СШ и 38°58'9.54"ВД. Опыт представлен тремя полями севооборота и одним полем с бессменным посевом кукурузы. Севооборот в опыте 10-польный (50% зерновые, 20% – технические и 30% кормовые культуры): вико–овсянная смесь на сено, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, озимая пшеница, кукуруза на зерно, вико–овсянная смесь на сено, озимая пшеница, подсолнечник, ячмень.

Минеральные удобрения вносят ежегодно осенью под вспашку в виде аммиачной селитры (N_{aq}), гранулированного суперфосфата (P_{cr}) и калийной соли (K_x). Посевная площадь делянок составляет 269,5 м², учетная – 192,5 м². Высевают районированные сорта

Табл. 1. Питательный режим почвы под подсолнечником при длительном внесении удобрений, мг/кг (среднее за 3 года)

Вариант	Всходы				Образование корзинок				Полная спелость			
	N-NO ₃	НСП	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	НСП	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	НСП	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	7,0	13,9	44	119	2,8	15,0	42	119	1,2	16,5	36	112
	5,9	9,8	38	115	3,8	10,4	35	110	0,9	15,1	33	115
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,9	14,8	83	156	3,7	13,9	102	137	1,4	18,1	87	145
	8,1	10,3	66	127	3,9	10,3	62	116	1,3	14,4	58	124
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	10,1	16,6	128	144	3,4	13,9	150	143	1,4	17,4	145	145
	9,7	9,9	90	128	3,9	10,8	105	117	1,2	13,6	87	126
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	5,5	16,7	98	184	3,1	14,1	119	165	1,8	18,4	109	196
	7,3	4,1	78	148	3,4	11,6	78	125	1,4	13,3	71	136
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	8,6	13,9	84	156	5,9	12,3	99	139	1,6	17,6	85	140
	10,7	8,8	67	127	4,9	10,9	59	116	3,4	10,3	56	122

Примечание. Верхняя строка – в слое 0-25 см, нижняя – в слое 25-40 см; НСП – нитрифицирующая способность почвы.

культур, согласно принятым в зоне агротехническим требованиям. В I ротации севооборота высевали сорт подсолнечника Воронежский 272, во II и III – Воронежский 436, в IV–V – Воронежский 638. Урожай учитывают методом сплошного взвешивания.

Почва – чернозем выщелоченный малогумусный среднетяжелосуглинистый, на покровной карбонатной глине, согласно классификации почв 2004 г. – агрочернозем глинисто иллювиальный [4]. На момент закладки стационарного опыта в пахотном слое почвы содержалось гумуса 5,6%, общего азота – 0,24%, фосфора – 0,15%, калия – 2,0%, рН_{вод.} 6,6 ед., сумма поглощенных оснований – более 38 ммоль(+)/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – выше 90% [5]. Почвенные образцы в посевах подсолнечника отбирали в три срока (всходы, образование корзинок, полная спелость) с помощью бура с глубины 0-25 и 25-40 см в 5 точках учетной площади из следующих вариантов: без удобрений, N₆₀P₆₀K₆₀, N₆₀P₁₂₀K₆₀, N₆₀P₆₀K₁₂₀, N₁₂₀P₆₀K₆₀.

Количество корневых остатков и их химический состав определяли в слоях почвы 0-20, 20-40 и 40-60 см перед уборкой урожая рамочным методом (70x70 см) Н.З. Станкова [6] с последующей промывкой на ситах диаметром отверстий 1 мм. Пробы отбирали в 4-кратной повторности (по 2 пробы из 2 повторений). в растительных образцах – содержание общего азота по Кьельдалю, фосфора – фотометрическим методом, калия – на пламенном фотометре [7]. Показатели почвенного плодородия оценивали общепринятыми методами [8]. Статистическая обработка данных проведена методом дисперсионного анализа [9] с использованием программы MS Excel 2007.

Результаты и обсуждение. Содержание подвижных форм питательных веществ в почве под посевами подсолнечника снижалось на протяжении всей вегетации (табл. 1). Такая же закономерность выявлена на черноземах южных [10]. Максимальное количество N-NO₃ было в пахотном и подпахотном слоях почвы в период всходов, то есть в период наибольшей биологической активности почвы и незначительного потребления азота растениями. К фазе образования корзинок его содержание в почве всех вариантов снижалось.

Табл. 2. Урожайность семян подсолнечника (т/га) при длительном внесении удобрений

Вариант	Средняя урожайность из 3 полей за 5 ротаций	Прибавка		Диапазон изменчивости урожайности по годам
		т/га	%	
Без удобрений	1,53	-	-	0,95-2,02
N ₆₀	1,78	0,25	16,3	1,04-2,32
P ₆₀	1,61	0,08	5,2	1,09-2,30
K ₆₀	1,58	0,05	3,3	0,85-2,17
N ₆₀ P ₆₀	1,93	0,40	26,1	1,12-2,55
N ₆₀ K ₆₀	1,80	0,27	17,6	1,04-2,37
P ₆₀ K ₆₀	1,67	0,14	9,2	1,11-2,31
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,04	0,51	33,3	1,35-2,67
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	1,97	0,44	28,8	1,28-2,65
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	1,98	0,45	29,4	1,24-2,73
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	1,95	0,42	27,5	1,07-2,63
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	2,05	0,52	34,0	1,20-2,76
НСП ₀₅		0,16		

Установлена высокая потенциальная нитрифицирующая способность черноземов выщелоченных, что подтверждается результатами определения нитрифицирующей способности почвы

Содержание N-NO₃ в толще почвы 0-300 см определяли в период посева и полной спелости подсолнечника в трех вариантах: без удобрений, N₆₀P₆₀K₆₀, N₁₂₀P₆₀K₆₀. При посеве величина этого показателя в слое почвы 0-20 см по вариантам составило 1,7; 1,8 и 3,3 мг/кг, в слое 100-120 см – соответственно 0,3; 2,4 и

Табл. 3. Качество семян подсолнечника при длительном внесении удобрений (среднее за 5 ротаций)

Вариант	Содержание жира в ядре, %	lim	Сбор масла, т/га	lim	Масса 1000 семян, г.	Лузжистость, %
Контроль	64,0	60,1-66,6	0,8	0,4-1,1	64	20,4
N ₆₀	62,6	58,4-65,2	0,9	0,5-1,2	67	19,9
P ₆₀	64,4	61,7-66,3	0,8	0,5-1,1	64	20,4
K ₆₀	63,7	60,9-66,7	0,8	0,4-1,1	64	20,4
N ₆₀ P ₆₀	63,7	62,4-66,0	1,0	0,6-1,3	67	20,5
N ₆₀ K ₆₀	63,3	60,0-65,5	0,9	0,5-1,2	68	20,5
P ₆₀ K ₆₀	64,6	62,3-66,8	0,8	0,6-1,1	65	21,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	63,9	61,5-65,9	1,0	0,7-1,4	70	20,6
N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	63,9	61,2-65,7	1,0	0,6-1,3	69	20,4
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	64,0	61,6-66,4	1,0	0,6-1,3	68	20,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	63,5	61,1-66,1	1,0	0,5-1,3	68	20,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	62,2	60,1-63,6	1,0	0,6-1,3	70	20,4

3,5 мг/кг, в слое 280-300 см – 0,4; 0,9 и 2,8 мг/кг. В фазе полной спелости в слое 0-20 см оно было практически одинаковым во всех вариантах – 2,1; 2,0 и 2,3 мг/кг, тогда как в слое 100-120 см – 0,3; 0,7 и 7,0 мг/кг, 280-300 см – 0,3; 0,4 и 2,7 мг/кг соответственно.

Нисходящую миграцию нитратного азота в глубокие слои почвы при длительном внесении азотных удобрений наблюдали и на черноземах обыкновенных [11], черноземах Сибири [12], серых лесных почвах Нечерноземья [13]. Вместе с тем вымываемые из корнеобитаемого слоя нитраты не считаются безвозвратно потерянными для растений. Чем глубже промерзает почва в предшествующий зимний период, тем большее количество нитратов перемещается из нижележащих горизонтов в вышележащие и тем заметнее последствие азотных удобрений на продуктивность культур [14, 15]. Однако миграция азота нитратов вниз по профилю зависит от дозы азотного компонента.

Общее содержание фосфора в пахотных горизонтах черноземов ЦЧО составляет 0,1-0,25% массы почвы, и только 10-20% его количества представлено относительно доступными для растений формами. Анализ агрогенных и временных рядов черноземов выявил возрастание содержания подвижного фосфора с повышением значений гидролитической кислотности. Абсолютное большинство пахотных черноземов Центрального Черноземья имеет среднее содержание подвижного фосфора [16]. Ежегодное внесение удобрений существенно влияет на содержание подвижных фосфатов. Определена четкая прямая зависимость между количеством внесенных фосфорных удобрений и содержанием доступного для растений фосфора в почве не только в пахотном, но и в подпахотном слое. Значительное увеличение запасов P₂O₅ в подпахотном слое при многолетнем внесении P_{ср} указывает на необходимость пересмотра сложившегося убеждения, что фосфорные удобрения полностью закрепляются в месте их внесения. Мы отметили это и в ранее проведенных исследованиях. Так, в слое почвы 0-60 см вариантов,

где вносили в составе полного удобрения P₆₀ и P₁₂₀, при определении фосфора методами Францесона, Бурриеля-Гернандо и «фосфатного уровня» по Карпинскому и Замятиной обнаружено обогащение P₂O₅ всего изучаемого слоя почвы [17].

На содержание обменного калия в почве влияет гранулометрический состав. В тяжелосуглинистых черноземах его количество в пахотных горизонтах может достигать высоких и очень высоких значений, больше 15-18 мг/100 г почвы. Черноземы выщелоченные Хохольского района имеют высокую степень обеспеченности обменным калием, поэтому они благоприятны для выращивания большинства сельскохозяйственных культур. Содержание K₂O в слое почвы 0-25 см при ежегодном внесении K₆₀ увеличивалось в среднем за вегетационный период на 24,7%, при дозе K₁₂₀ – на 55,6%. В слое 25-40 см количество K₂O возросло соответственно на 8,0 и 20,4%.

Многолетние исследования показали, что в Центральном Черноземье погодные условия в период вегетации растений определяют уровень урожайности семян подсолнечника (табл. 2). На естественном фоне в среднем за 5 ротаций 10-польного севооборота она составила 1,53 т/га, изменяясь от 0,95 т/га в 1976 г. до 2,02 т/га в 1988 г.

Действие отдельных видов удобрений на урожайность семян находилось в прямой зависимости от эффективного плодородия почвы. Как в I, так и в последующих ротациях севооборота, наибольший прирост урожайности семян получен от азотных и азотно-фосфорных удобрений, в среднем соответственно 16,3 и 26,1%. Внесение отдельно фосфорных и калийных удобрений было неэффективным. Максимальная прибавка урожайности семян была от N₆₀P₆₀K₆₀ и в среднем за годы исследований составила 33,3%.

Дальнейшее увеличение доз одного из элементов питания в составе полного удобрения оказалось экономически нецелесообразным. Вопрос о причинах сравнительно слабой отзывчивости на минеральные удо-

Табл. 4. Масса корневых остатков подсолнечника и содержание в них N, P₂O₅, K₂O (среднее за 3 года)

Слой почвы, см	Без удобрений			N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		
	Масса остатков, т/га					
0-20	1,83			2,34		
20-40	0,14			0,22		
40-60	0,16			0,20		
0-60	2,13			2,76		
Содержание в корнях, кг/га						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-20	9,0	3,5	12,4	14,0	5,1	19,7
20-40	0,9	0,4	0,6	1,6	0,7	1,5
40-60	1,1	0,5	0,8	1,5	0,7	1,2

брения подсолнечника полностью еще не выяснен. Как отмечал Д.Н. Прянишников [18], значение удобрений в культуре подсолнечника нельзя рассматривать вне связи со структурой его урожая. Доля семян в урожае не превышает 15%, часто снижается до 12%. По нашим многолетним данным, массовое соотношение между семенами и вегетативной массой подсолнечника в среднем было равно 1:2,1 на фоне без удобрений, при внесении N₆₀P₆₀K₆₀ и N₁₂₀P₆₀K₆₀ – 1:2,4 и 1:2,6 соответственно. Существует мнение, что не только подсолнечник, но и все масличные культуры слабо отзываются на удобрения [19, 20]. Это объясняется низкой активностью нитратредуктазы подсолнечника, регулирующей азотный обмен, что ограничивает первичное усвоение азота, поглощенного растениями [21].

Минеральные удобрения не способствовали повышению содержания жира в ядрах подсолнечника (табл. 3). В вариантах N₆₀ и N₁₂₀P₆₀K₆₀ в среднем за 5 ротаций выявлено его снижение на 1,4 и 1,8% абсолютных величин по сравнению с естественным фоном. Имеющиеся многолетние данные позволили сделать вывод о большем влиянии на этот показатель погодных условий в

период вегетации культуры, чем удобрений. Содержание жира в ядрах на фоне без удобрений изменялось от 60,1% в 1998 г. до 66,6% в 1988 г. В исследованиях других авторов [22] величина варьирования показателя на этом фоне еще больше – 9,8% абсолютных величин. Наибольшее влияние на сбор масла с 1 га оказывали азотно-фосфорные и полное минеральное удобрение (по 60 кг/га д.в.): сбор масла увеличился на 25% по сравнению с естественным фоном (0,8 т/га). Изменение соотношения азота, фосфора и калия в полном удобрении не влияло на величину показателя.

Удобрения слабо воздействовали на лузжистость семян. В варианте P₆₀K₆₀ отмечена незначительная тенденция ее увеличения на 0,8%, в варианте с внесением азота (N₆₀) – тенденция снижения на 0,5%. Лузжистость в большей степени различалась по годам исследований: без удобрений этот показатель менялся от 18,5% в 1986 г. до 24,4% в 1998 г.

Благодаря селекции содержание жира в ядрах повысилось с 55,1-56,9 до 60,1-66,6%, а лузжистость снизилась с 39,6-36,2 до 18,1-23,6%. Об этом свидетельствуют результаты исследований по агротехнике подсолнечника, проведенных на Воронежской областной опытной станции (ныне филиал ВНИИ кукурузы), а также данные наших опытов.

Один из основных источников стабилизации содержания запасов органического вещества в почве – нетоварная часть урожая, корневые и пожнивные остатки. Мы определили размеры накопления корневых остатков подсолнечника и возврат ими в почву азота, фосфора и калия (табл. 4). Однако проведенный расчет возврата в почву органического вещества с корневыми остатками был неполным. Не были учтены корни, отмершие в течение вегетации, и корневые выделения, которые трудно учесть, но роль которых в балансе органического вещества существенна.

Общая масса корневых остатков подсолнечника в слое почвы 0-60 см на фоне без удобрений составила 2,13 т/га, в варианте N₆₀P₆₀K₆₀ она увеличилась на 0,63 т/га или 29,6%. Основная масса корней (85-86%), независимо от варианта, была сосредоточена в верхнем слое пахотного горизонта. Удобрения значительно влияли на содержание азота, фосфора и калия в корневых остатках. Можно отметить также, что количество азота

Табл. 5. Потребление азота и зольных элементов подсолнечником в зависимости от уровня применения удобрений (в среднем за 5 ротаций)

Элемент	Без удобрений	N ₆₀	P ₆₀	K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀
Средний ежегодный вынос растениями, кг/га												
N	53	66	54	50	76	72	58	83	78	74	76	95
P ₂ O ₅	22	27	26	24	31	26	29	34	30	34	33	38
K ₂ O	89	112	98	105	112	114	109	145	129	133	155	147
Хозяйственный вынос семенами, кг/га												
N	32	38	31	29	44	41	34	48	46	46	42	52
P ₂ O ₅	14	16	16	16	19	14	17	21	19	21	19	20
K ₂ O	12	14	13	12	14	12	13	15	15	16	15	16

и фосфора в корнях, расположенных в слоях 20-40 и 40-60 см, было выше, чем в слое 0-20 см. В отношении калия наблюдали обратную закономерность. С корневыми остатками на естественном фоне в почву возвращалось: азота – 11,0, фосфора – 4,4, калия – 13,8 кг/га; при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ эти показатели увеличились соответственно на 6,1; 2,1 и 8,6 кг/га, что составило 56, 48 и 62%.

Важный показатель взаимодействия почвы и растений – вынос основных элементов питания. Для подсолнечника он был рассчитан по результатам анализа химического состава растений и их продуктивности (табл. 5). В среднем за 5 ротаций 10-польного севооборота внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ повысило потребление растениями азота на 25%, фосфора – на 23% и калия – на 26%. Применение P_{60} и K_{60} не влияло на потребление азота, но увеличило потребление зольных элементов на 9-18%. Азотные и фосфорные туки совместно и особенно полное минеральное удобрение значительно стимулировали использование подсолнечником минеральных элементов. Максимальное их количество растения выносили из почвы на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 83 кг азота, 34 – P_2O_5 , 145 кг K_2O с 1 га. С учетом корневых остатков в слое 0-60 см потребление элементов минерального питания составило 100 кг/га азота, 41 – фосфора и 167 кг/га калия. Биологический вынос подсолнечником (с учетом корневой системы) из почвы на фоне без удобрений увеличивался по сравнению с хозяйственным выносом: по азоту – на 32 кг/га, фосфору – на 12 кг/га, калию – на 91 кг/га; при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 52, 20 и 152 кг/га соответственно.

Таким образом, в 10-польном севообороте полевого опыта при ежегодном применении удобрений на выщелоченных черноземах Центрального Черноземья рациональной дозой NPK под подсолнечник, обеспечивающей наибольшую урожайность семян, выход масла и высокое качество семян, следует считать $N_{60}P_{60}K_{60}$. Прибавка урожайности семян за 5 ротаций составила 0,4-0,7 т/га. Сбор масла увеличился на 25% по сравнению с неудобренным фоном (0,8 т/га). Хозяйственный вынос с учетом корневой системы на естественном фоне составил по азоту 50%, фосфору – 54% и калию – 12%; на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ практически не изменился: 48, 51 и 9 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

- Щербаков А.П., Протасова Н.А., Беляев А.Б. и др. Почвоведение с основами растениеводства. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996. – 236 с.
- Абакумов И.Б. Тенденции развития маслосемян в мире и России // Экономика сельского хозяйства России. – 2012. – № 6. – С. 85-92.
- Лукомец В.М., Кривошлыков К.М. Производство подсолнечника в Российской Федерации: состояние и перспективы // Земледелие. – 2009. – № 8. – С. 3-8.
- Добровольский Г.В. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
- Стахурлова Л.Д., Стулин А.Ф. Биодинамика черноземов выщелоченных в длительном опыте с различными агротехническими приемами // Российская сельскохозяйственная наука. – 2016. – №6. – С. 22-25.
- Станков Н.З. Корневая система полевых культур. – М.: Колос, 1968. – 495 с.
- Петербургский А.В. Практикум по агрохимической химии. – М.: Колос, 1968. – 495 с.
- Воробьева Л.А. Химический анализ почв. – М.: МГУ, 1998. – 272 с.
- Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. – М.: Колос, 1972. – 205 с.
- Лисовой Н.В., Капустина Г.А. Динамика содержания азота, фосфора и калия в листьях подсолнечника (*Helianthus annuus*) по фазам развития растений в условиях Южной степи Украины // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – № 2. – С. 34-37.
- Кизяков В.Е., Стулин А.Ф. Распределение нитратного азота по профилю обыкновенного чернозема Приазовской возвышенности // Агрохимия. – 1983. – № 3. – С. 43-49.
- Кирюшин В.И., Ткаченко Г.И. Профильное распределение нитратов в черноземах Сибири и усвоение их растениями яровой пшеницы с различной глубины // Доклады ВАСХНИЛ. – 1985. – № 8. – С. 6-9.
- Никитишин В.И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии. – М.: Наука, 1984. – 212 с.
- Никитишин В.И., Дмитракова Л.К., Забрин А.В. Миграция нитратов при промерзании серой лесной почвы и доступность их растениям // Агрохимия. – 1998. – № 2. – С. 5-12.
- Никитишин В.И., Курганова Е.В. Плодородие и удобрение серых лесных почв ополей Центральной России. – М.: Наука. 2007. – 367 с.
- Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / Под ред. А.П. Щербакова и И.И. Васенёва – Курск: Изд-во ВНИИЗиЗПЭ, 1996. – 326 с.
- Стулин А.Ф. Продуктивность подсолнечника при систематическом внесении удобрений в севообороте на выщелоченном черноземе ЦЧЗ // Агрохимия. – 1991. – № 10. – С. 64-70.
- Прянишников Д.Н., Якушкин И.В. Растения полевой культуры (частное земледелие). – М.: Сельхозгиз, 1936. – С. 335-357.
- Павленко В.А., Тишков Н.М., Никифорова Т.М. Удобрение масличных культур в севообороте // Масличные культуры. – 1986. – № 1. – С. 20-23.
- Лукашев А.А. Отзывчивость разных сортов подсолнечника на минеральные удобрения // Агрохимия. – 1986. – № 2. – С. 49-53.
- Редди Б.П., Кондратьев М.Н., Крастина Е.Е. Изменение поглощения нитрата и активности нитратредуктазы у подсолнечника при внесении хлористого аммония в питательный раствор // Изв. ТСХА. – 1982. – № 2. – С. 12-18.
- Агафонов Е.В. Влияние способов заделки индюшиного помета в почву на азотный режим чернозема обыкновенного и урожайность подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) // Проблемы агрохимии и экологии. – 2015. – № 1. – С. 9-16.
- Мартынов В.Н. Основные результаты работ по агротехнике и селекции масличных культур Воронежской области. – Воронеж, 1940. – С. 6-40.

Поступила в редакцию 21.10.19

После доработки 05.11.19

Принята к публикации 20.11.19