

УДК 631.51:631.811:631.873.1:633.358

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЗАПАСЫ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКАХ ГОРОХА

© 2022 г. Д. В. Дубовик^{1,*}, Е. В. Дубовик¹, А. В. Шумаков¹¹ Курский федеральный аграрный научный центр
305021 Курск, ул. Карла Маркса, 70б, Россия*E-mail: dubovikdm@yandex.ru

Поступила в редакцию 24.02.2021 г.

После доработки 09.04.2021 г.

Принята к публикации 15.10.2021 г.

В опытах на черноземных почвах Курской обл. изучили влияние приемов основной обработки почвы (вспашки, комбинированной обработки, поверхностной обработки, прямого посева) на накопление азота, фосфора и калия в неразложившихся растительных остатках в почве, соломе и зерне гороха. Рассчитан баланс макроэлементов, поступавших с растительными остатками. Установлено, что наибольшее количество неразложившихся растительных остатков (16.2 т/га) характерно для весеннего периода при систематическом прямом посеве и в слое 0–20 см почвы. Самый высокий уровень накопления азота (75.6 кг/га) и фосфора (18.9 кг/га) в неразложившихся растительных остатках в почве выявлен при использовании комбинированной обработки, калия (24.7 кг/га) – при прямом посеве. Большая масса соломы гороха (3.1 т/га) формировалась при вспашке, при этом содержание азота, фосфора и калия в ней было минимальным (2.16, 0.53 и 0.95% соответственно). За счет большего урожая вегетативной массы гороха количество макроэлементов, поступившее с массой соломы при вспашке, было самым высоким. Наибольшая урожайность зерна гороха формировалась при вспашке (2.2 т/га), наименьшая – при поверхностной обработке (1.6 т/га). В зерне гороха максимальное количество азота накапливалось при его возделывании при вспашке (3.6%). Содержание общего фосфора и калия в зерне при вспашке, комбинированной и поверхностной обработках значимо не изменялось. Установлено, что в отсутствии минеральных удобрений складывался отрицательный баланс питательных макроэлементов. При этом максимума он достиг при использовании вспашки в качестве приема основной обработки почвы, минимума – при прямом посеве.

Ключевые слова: приемы основной обработки почвы, растительные остатки в почве, азот, фосфор, калий.

DOI: 10.31857/S0002188122010069

ВВЕДЕНИЕ

Одним из источников поступления в почву биогенных макроэлементов служат растительные остатки [1, 2]. Солома, заделываемая в почву, а также неразложившаяся корневая система растений служат своеобразным резервуаром основных элементов питания, таких как азот, фосфор и калий [3–6]. При этом на распределение растительных остатков значительное влияние оказывает способ и глубина их заделки в почву [7]. Например, при глубоких отвальных обработках они распределяются практически по всему пахотному слою почвы, тогда как при безотвальных и поверхностных способах концентрируются в основном в верхнем слое 0–10 см [8]. Оставление измельченной соломы и создание мульчирующего слоя на поверхности почвы является одним из определяющих условий минимизации обработки почв и, особенно, прямого посева [9].

Использование различных приемов основной обработки почвы влияет на формирование урожайности основной и побочной продукции [10]. При этом минимизация обработки почвы не всегда ведет к повышению продуктивности сельскохозяйственных культур [11, 12]. Урожайность основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур обуславливает баланс выноса и поступления макроэлементов в почву [13]. Снижение количества корневых остатков и объема заделываемой соломы может привести к дефициту макроэлементов в почве [14]. Восполнение дефицита элементов питания растений может быть произведено за счет внесения повышенных доз минеральных удобрений, что повлечет дополнительные затраты. Кроме того, при минимизации обработки почвы, особенно при прямом посеве, возникают проблемы с заделкой удобрений в почву, что приводит к их непроизводительным потерям [15]. Поэтому при возделывании сель-

Таблица 1. Содержание в почве неразложившихся растительных остатков

Прием основной обработки почвы	Слой, см	Масса остатков весной, т/га	Масса остатков в период уборки, т/га	Накопление остатков за вегетацию, т/га
Вспашка	0–10	7.7	7.8	0.15
	10–20	6.3	7.5	1.13
Комбинированная	0–10	9.6	10.3	0.79
	10–20	4.9	5.9	0.94
Поверхностная	0–10	9.3	10.1	0.83
	10–20	5.4	5.5	0.10
Прямой посев	0–10	10.1	11.0	0.90
	10–20	6.0	6.1	0.06
<i>HCP</i> ₀₅	слой	2.1	3.4	0.35
	обработка	2.3	2.8	0.91

скохозайственных культур по технологиям, предусматривающим использование минимальной обработки почвы, необходимо знать возможные риски, связанные с балансом элементов минерального питания растений.

Цель работы – оценка влияния минимизации обработки почвы на накопление азота, фосфора и калия в неразложившихся растительных остатках в почве и соломе гороха, определение баланса данных макроэлементов при различных приемах основной обработки почвы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в полевом стационарном опыте Курского федерального аграрного научного центра (Курская обл., Курский р-н, п. Черемушки) в 2019–2020 гг. в 4-польном севообороте. Севооборот развернут в пространстве всеми 4-мя полями. Начата 2-я ротация севооборота со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – соя – ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты: 1 – вспашка с оборотом пласта (20–22 см), 2 – комбинированная обработка (дискование 8–10 см + чизель 20–22 см), 3 – поверхностная обработка (дискование) до 8 см, 4 – прямой посев (No-Till). Вариант No-Till осуществляли без какой-либо обработки почвы, сеялкой прямого посева “Дон 114”. Приемы обработки почвы применяли систематически с 2015 г. в каждом варианте. Минеральные удобрения не вносили. Варианты в полевом опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60 × 100 м), повторность трехкратная [16].

Исследования проведены на горохе (*Pisum sativum*) сорта Кадет. Технология возделывания гороха – общепринятая для региона и не различалась за исключением основной обработки почвы. Почва опытного участка – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый. Среднее содержание гумуса в пахотном слое составляло 5.1%, по-

движного фосфора и обменного калия (по Чирикову) – 192 и 133 мг/кг почвы соответственно. Реакция почвенной среды – слабо кислая (рН_{KCl} 5.3).

Оценка запасов неразложившихся растительных остатков сельскохозяйственных культур в пахотном слое проведена буровым методом с последующей отмывкой [17]. Определение азота, фосфора и калия в корневых остатках, соломе и зерне проводили по методу Гинзбург [18]. Статистическая обработка полученных данных осуществлена с использованием программ Microsoft Excel, Statistica, методами дисперсионного и регрессионного анализов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение содержания неразложившихся растительных остатков в почве позволило установить следующие закономерности. В весенний период их запасы в слое 0–20 см были наименьшими при вспашке – 14.0 т/га (табл. 1). По мере снижения глубины обработки они увеличивались на 0.51 т/га при комбинированной обработке, на 0.73 т/га – при поверхностной обработке и на 2.17 т/га – при прямом посеве по сравнению со вспашкой.

Установлены особенности распределения неразложившихся растительных остатков в слоях почвы в зависимости от использованных приемов основной обработки. Например, в слое 0–10 см наиболее высокое содержание растительных остатков отмечено при прямом посеве (10.1 т/га), наименьшее – при вспашке (7.66 т/га). При использовании комбинированной обработки запасы неразложившихся растительных остатков в почве по сравнению с прямым посевом снижались на 0.56 т/га, при поверхностной обработке – на 0.83 т/га. В слое 10–20 см наиболее высокое их количество было при вспашке – 6.32 т/га, их больше на 1.38 т/га, чем при комбинированной обработке, на 0.89 т/га, чем при поверхностной обработке и на 0.28 т/га, чем при прямом посеве.

Полученные данные о характере распределения неразложившихся растительных остатков в слоях почвы согласовались с данными других исследователей. Например, в опытах, проведенных в Белгородской обл. [19], при вспашке в слое 0–10 см содержание корней гороха было наименьшим (0.68 т/га), а при минимизации обработки они повышались до 0.93 т/га. В слое 10–20 см отмечена обратная закономерность – при вспашке количество корней было максимальным (0.52 т/га), при минимизации обработки – минимальным (0.28 т/га). На Карабалыкской сельскохозяйственной опытной станции [20], при традиционной технологии возделывания гороха, включавшей в качестве основной обработки почвы глубокую вспашку, содержание в верхнем слое 0–10 см почвы растительных остатков составляло 7.78 т/га, что было меньше на 1.87 т/га, чем при использовании технологии прямого посева.

При учете содержания неразложившихся растительных остатков в почве отмечено их накопление за период вегетации гороха. При этом обнаружена четкая закономерность накопления растительных остатков в слое 0–10 см и его снижения в слое 10–20 см по мере усиления минимизации обработки почвы. Например, в слое 0–10 см почвы минимальный прирост количества растительных остатков отмечен при вспашке (0.15 т/га). При минимизации обработки происходило резкое увеличение (в 5.2–6.0 раза) их содержания в этом слое почвы, достигнув максимума при прямом посеве (0.90 т/га).

В слое 10–20 см почвы выявлена обратная зависимость. При вспашке происходило накопление неразложившихся растительных остатков в этом слое до 1.13 т/га. При переходе на комбинированную обработку их накопление в слое 10–20 см почвы снижалось на 0.19 т/га по сравнению со вспашкой. С дальнейшей минимизацией обработки сокращение прироста запасов неразложившихся растительных остатков в почве резко уменьшалось в 11.3–18.8 раза, с наименьшим количеством при прямом посеве.

Такая закономерность была связана с биологической активностью почвы при различных приемах основной обработки. Выявлена заметная прямая корреляционная связь между накоплением растительных остатков в почве и целлюлозоразлагающей активностью чернозема типичного ($r = 0.60$). При вспашке целлюлозоразлагающая активность почвы в среднем составляла 31.4, комбинированной обработке – 36.2, поверхностной обработке – 30.8, прямом посеве – 27.2%.

Неразложившиеся растительные остатки в почве являются источником поступления в нее элементов минерального питания, и прежде всего таких макроэлементов как азот, фосфор и калий. Проведенный анализ содержания NPK в неразложившихся растительных остатках показал, что

в весенний период содержание в них азота как в слоях почвы, так и в зависимости от приема основной обработки, существенно не изменялось, составляя 1.06–1.28% (табл. 2). Такая же тенденция отмечена и в отношении содержания калия (0.42–0.47%).

Содержание в неразложившихся растительных остатках фосфора при вспашке, комбинированной и поверхностной обработках в весенний период было практически одинаковым (0.34–0.36%), но при переходе на прямой посев оно повышалось на 0.07%. При определении NPK в растительных остатках в период уборки гороха содержание макроэлементов в них возросло по сравнению с весенним периодом практически во всех вариантах обработки, за исключением слоя 10–20 см при вспашке, в котором снизилось количество азота на 0.14%. В среднем, в неразложившихся растительных остатках, сформировавшихся к периоду уборки, по сравнению с содержащимися в почве весной, количество азота не изменилось при вспашке, увеличилось на 0.31% при комбинированной обработке, на 0.29% – при поверхностной обработке, на 0.26% – при прямом посеве. Соответственно содержание фосфора увеличилось на 0.02, 0.08 0.04 и 0.03%, калия – на 0.10, 0.08 0.07 и 0.13%. Повышение содержания азота, фосфора и калия в растительных остатках в период уборки было связано с тем, что вновь образованные части растений еще не успели подвергнуться процессу разложения.

Изучение содержания NPK в неразложившихся растительных остатках позволило установить величину запасов макроэлементов в них. Выявлено, что независимо от приема основной обработки почвы большие запасы NPK в неразложившихся растительных остатках формировались в слое 0–10 см почвы (табл. 3), что было естественно, т.к. в этом слое корневая система растений наиболее развита.

Установлено, что за период вегетации произошло накопление NPK в неразложившихся растительных остатках. При этом максимальный уровень накопления азота в слое 0–10 см отмечен при прямом посеве (55.6 кг/га), минимальный – при вспашке (10.5 кг/га). В слое 10–20 см большие запасы азота в остатках были при комбинированной обработке (25.1 т/га), наименьшие – при вспашке (3.8 кг/га). Увеличение запасов фосфора было максимальным при комбинированной обработке, калия – при прямом посеве.

Пополнение количества неразложившихся растительных остатков в почве происходило не только за счет корневой системы растений, но и в результате заделки в почву соломы. Учет массы соломы показал, что при вспашке формировалось ее наибольшее количество (3.1 т/га) (табл. 4). При переходе на комбинированную обработку масса соломы снижалась на 0.9, поверхностную

Таблица 2. Содержание макроэлементов в неразложившихся растительных остатках

Прием основной обработки почвы	Слой, см	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		%					
		весна	уборка	весна	уборка	весна	уборка
Вспашка	0–10	1.26	1.37	0.35	0.40	0.42	0.53
	10–20	1.26	1.12	0.34	0.33	0.44	0.52
Комбинированная	0–10	1.29	1.68	0.35	0.43	0.47	0.54
	10–20	1.23	1.46	0.34	0.42	0.44	0.54
Поверхностная	0–10	1.18	1.48	0.35	0.40	0.44	0.52
	10–20	1.06	1.34	0.36	0.39	0.44	0.53
Прямой посев	0–10	1.28	1.68	0.43	0.44	0.42	0.53
	10–20	1.28	1.40	0.41	0.45	0.42	0.56
HCP ₀₅	слой	0.09	0.10	0.02	0.06	0.03	0.02
	обработка	0.13	0.14	0.03	0.07	0.04	0.03

Таблица 3. Запасы элементов питания в неразложившихся растительных остатках

Прием основной обработки почвы	Слой, см	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		кг/га								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Вспашка	0–10	97	1070	10.5	26.8	31.2	4.4	32.2	41.4	9.2
	10–20	80	83	3.8	21.5	24.6	3.1	27.8	38.7	10.9
Комбинированная	0–10	123	174	50.5	33.4	44.5	11.0	44.9	55.8	11.0
	10–20	61	86	25.1	16.8	24.7	7.9	21.7	31.8	10.0
Поверхностная	0–10	110	150	40.1	32.5	40.4	8.0	40.8	52.6	11.7
	10–20	58	74	16.5	19.5	21.6	2.1	23.9	29.3	5.4
Прямой посев	0–10	129	185	55.6	43.5	48.4	4.9	42.5	58.4	15.9
	10–20	77	85	8.1	24.8	27.5	2.7	25.4	34.2	8.8
HCP ₀₅	слой	32	43	6.6	9.4	11	2.1	13	6.8	1.7
	обработка	25	35	7.6	8.2	9.5	2.4	7.7	14	2.5

Примечание. В графе 1 – весенний период, 2 – период уборки, 3 – накопление растительных остатков.

обработку – на 1.3, прямой посев – на 1.1 т/га. При этом выявлено соответствующее соотношение массы соломы к массе зерна. Количество полученной соломы находилось в весьма высокой прямой корреляционной зависимости от величины урожая зерна ($r = 0.98$).

Поскольку солома служит одним из источников поступления питательных веществ в почву, особый интерес представляет содержание в соломе основных макроэлементов. При изучении содержания NPK в соломе гороха были установлены следующие закономерности. Наиболее высокое содержание общего азота в соломе отмечено при поверхностной обработке почвы (2.55%), наименьшее – при вспашке (2.16%).

При комбинированной обработке и прямом посеве количество азота в соломе было примерно одинаковым, но меньше на 0.29–0.31% по сравнению с поверхностной обработкой. Такая же закономерность выявлена и в отношении содержания в соломе общего фосфора. Максимальное со-

держание фосфора в соломе зафиксировано при поверхностной обработке (0.68%), минимальное – при вспашке (0.53%). Количество общего калия в соломе гороха также было наименьшим при вспашке (0.95%) и по сравнению с ней повышалось при комбинированной обработке на 0.23, поверхностной обработке – на 0.11, прямом посеве – на 0.20%. При проведении корреляционного анализа зависимости содержания NPK в соломе гороха от ее массы установлена заметная обратная связь с количеством азота ($r = -0.74$), фосфора ($r = -0.66$) и калия ($r = -0.70$). Очевидно, это было связано с большим расходом питательных элементов на формирование товарной части урожая (зерна), в связи с чем при меньшем соотношении массы соломы к массе зерна в соломе остается больше NPK.

В соответствии с содержанием основных элементов питания в соломе были определены их возможные запасы при заделке соломы в почву. Несмотря на меньшее содержание NPK в соломе

Таблица 4. Содержание макроэлементов в соломе гороха

Прием основной обработки почвы	Солома, т/га	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га
Вспашка	3.1	2.16	67.0	0.53	16.4	0.95	29.5
Комбинированная	2.2	2.24	49.3	0.61	13.4	1.18	26.0
Поверхностная	1.8	2.55	45.9	0.68	12.2	1.06	19.1
Прямой посев	2.0	2.26	45.2	0.54	10.8	1.15	23.0
<i>HCP</i> ₀₅	0.2	0.02	1.2	0.02	0.4	0.07	0.6

Таблица 5. Содержание элементов питания в зерне гороха

Прием основной обработки почвы	Урожайность, т/га	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		%	кг/га	%	кг/га	%	кг/га
Вспашка	2.20	3.55	78.1	1.09	24.0	1.29	28.4
Комбинированная	1.73	3.44	59.5	1.08	18.7	1.29	22.3
Поверхностная	1.60	3.42	54.7	1.09	17.4	1.29	20.6
Прямой посев	1.69	3.42	57.8	1.03	17.4	1.25	21.1
<i>HCP</i> ₀₅	0.06	0.02	0.6	0.02	0.6	0.02	0.4

при вспашке количество макроэлементов, поступившее с массой соломы в этом варианте было самым высоким (табл. 4), за счет большего урожая вегетативной массы гороха. Максимальное содержание азота и фосфора в соломе при поверхностной обработке позволило повысить общие запасы этих элементов до уровня, формирующегося при прямом посеве, при том, что масса соломы в этом варианте была наименьшей.

В зерне гороха максимальное количество общего азота накапливалось при его возделывании при вспашке (3.55%) (табл. 5). При переходе на комбинированную обработку содержание азота в зерне снижалось на 0.11, поверхностную обработку и прямой посев – на 0.13%.

Содержание общего фосфора и калия в зерне при вспашке, комбинированной и поверхностной обработках было практически одинаковым. При прямом посеве отмечено снижение содержания в зерне фосфора на 0.05–0.06%, калия – на 0.04% по сравнению с остальными изученными приемами основной обработки почвы. Зерно вынесло значительную часть элементов питания. При повышении урожайности зерна гороха и, соответственно, бóльшим выносом NPK содержание макроэлементов в неразложившихся растительных остатках в период уборки снижалось. Это подтверждено высокой отрицательной корреляционной связью: для N – $r = -0.88$, P – $r = -0.74$, K – $r = -0.89$.

Для проектирования системы удобрения гороха необходимо иметь представление о выносе элементов питания основной продукцией. Для этого было рассчитано количество NPK, которое выносит зерно (табл. 5). Наиболее высокий вынос азота, фосфора и калия зерном гороха отме-

чен при вспашке (78.1, 24.0 и 28.4 кг/га соответственно), наименьший – при поверхностной обработке, что естественно связано с урожайностью зерна и содержанием в нем азота.

Полученные данные о количестве поступивших элементов минерального питания в почву с растительными остатками в виде соломы и уже содержащимися в почве растительными остатками (корнями), а также выносе товарной частью растений (зерном), позволили сделать условный прогноз величины баланса NPK в почве (в слое 0–20 см) (табл. 6). При этом было принято, что использование NPK из растительных остатков составляет ≈15% [21, 22].

Расчет условного баланса элементов питания растений показал, что в отсутствии внесения минеральных удобрений при всех использованных приемах основной обработки почвы баланс будет отрицательным. При этом наибольший дефицит NPK отмечен при использовании вспашки. Для азота он больше в 4.8 раза, чем при комбинированной обработке, в 4.1 раза, чем при поверхностной обработке и в 7.7 раза, чем при прямом посеве. Аналогичная тенденция установлена и в отношении баланса фосфора. Дефицит фосфора при вспашке больше в 2.6 раза, чем при комбинированной и поверхностной обработках, и в 4.5 раза, чем при прямом посеве. Недостаток калия при вспашке больше в 3.1 и 3.2 раза, чем при комбинированной и поверхностной обработках соответственно, и в 7.5 раза, чем при прямом посеве. Повышенный дефицит NPK при вспашке, чем при других приемах основной обработки был обусловлен более высокой урожайностью гороха и соответственно бóльшим выносом основной продукцией этих элементов питания.

Таблица 6. Баланс элементов минерального питания

Прием основной обработки почвы	Приход						Расход	Баланс ±, кг/га
	Поступление с семенами, кг/га	С растительными остатками в почве (РО), кг/га	Поступление с соломой, кг/га	Σ РО + солома, кг/га	Пересчет на % использования из пожнивно-корневых остатков, кг/га (15%)	Приход всего, кг/га	Вынос урожая зерна, кг/га	
Азот								
Вспашка	6.2	190.4	67.0	257.4	38.6	44.8	78.1	−33.3
Комбинированная	6.2	259.5	49.3	308.8	46.3	52.5	59.5	−7.0
Поверхностная	6.2	223.7	45.9	269.6	40.4	46.6	54.7	−8.1
Прямой посев	6.2	270.4	45.2	315.6	47.3	53.5	57.8	−4.3
Фосфор								
Вспашка	1.9	55.8	16.4	72.2	10.8	12.7	24.0	−11.3
Комбинированная	1.9	69.2	13.4	82.6	12.4	14.3	18.7	−4.4
Поверхностная	1.9	62.0	12.2	74.2	11.1	13.0	17.4	−4.4
Прямой посев	1.9	75.9	10.8	86.7	13.0	14.9	17.4	−2.5
Калий								
Вспашка	2.3	80.1	29.5	109.6	16.4	18.7	28.4	−9.7
Комбинированная	2.3	87.6	26.0	113.6	17.0	19.3	22.3	−3.0
Поверхностная	2.3	81.9	19.1	101.0	15.2	17.5	20.6	−3.1
Прямой посев	2.3	92.6	23.0	115.6	17.3	19.5	21.1	−1.6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что в весенний период при систематическом прямом посеве в слое 0–20 см почвы содержалось наибольшее количество неразложившихся растительных остатков. За период вегетации гороха по мере усиления минимизации основной обработки почвы отмечено накопление растительных остатков в верхнем слое 0–10 см почвы, с максимумом при прямом посеве.

Наибольший уровень накопления азота и фосфора в неразложившихся растительных остатках в почве выявлен при использовании комбинированной обработки, калия – при прямом посеве.

Более высокая масса соломы гороха формировалась при вспашке, при этом содержание азота, фосфора и калия в ней было минимальным. Несмотря на это, за счет большего урожая вегетативной массы гороха количество макроэлементов, поступившее с массой соломы при вспашке, было самым высоким.

Наиболее высокая урожайность зерна гороха формировалась при вспашке, наименьшая – при поверхностной обработке. В зерне гороха максимальное количество азота накапливалось при вспашке. Содержание общего фосфора и калия в зерне при вспашке, комбинированной и поверхностной обработках значимо не изменялось.

Установлено, что без применения минеральных удобрений складывался отрицательный баланс питательных макроэлементов. При этом наибольшим он был при использовании вспашки в качестве приема основной обработки почвы, минимальным – при прямом посеве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назарюк В.М., Калимуллина Ф.Р. Влияние удобрений и растительных остатков на плодородие почвы, продуктивность и химический состав зерновых культур // Агрохимия. 2010. № 6. С. 18–27.
2. Раваева Е.Л., Еремкина О.В., Кащеев А.В. Поступление органического вещества и макроэлементов в почву у различных сельскохозяйственных культур на черноземах южных Оренбургской области // Изв. Оренбург. ГАУ. 2006. № 1. С. 66–68.
3. Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Мезенцева Е.Г. Высвобождение элементов питания при заделке соломы в дерново-подзолистые почвы в зависимости от ее видового состава и удобрения азотом // Агрохимия. 2013. № 3. С. 52–59.
4. Ефремова Е.Н. Влияние глубины и способа обработки почвы на содержание основных биофильных элементов в растительных остатках // Вестн. Алтай. ГАУ. 2014. № 4. С. 28–32.

5. Назарюк В.М., Калимуллина Ф.Р. Баланс макроэлементов в серой лесной почве при длительном использовании удобрений и растительных остатков // Плодородие. 2013. № 6. С. 9–10.
6. Чадаев И.М., Гурин А.Г. Аккумуляция элементов питания зернобобовыми культурами, используемыми в качестве предшественника // Зернобоб. и круп. культуры. 2020. № 1. С. 59–63.
7. Пегова Н.А. Влияние вида пара, соломы и систем обработки дерново-подзолистой почвы на ее агрохимические свойства // Агрохимия. 2020. № 4. С. 3–12.
8. Кузыченко Ю.А., Кулинец В.В., Полянкина А.Ф. Мульчирование почвы в системе обработки под кукурузу на зерно в условиях Восточного Предкавказья // Земледелие. 2016. № 5. С. 36–38.
9. Кирюшин В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследования // Земледелие. 2013. № 7. С. 3–6.
10. Гребенников А.М., Исаев В.А., Юдин С.А., Червердин Ю.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А., Корнилов И.М. Влияние способов обработки миграционно-мицелиарных черноземов на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестн. Рос. сел.-хоз. науки. 2019. № 2. С. 38–41.
11. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Продуктивность зернопарового севооборота и эффективность производства зерна в зависимости от систем основной обработки почвы // Достиж. науки и техн. АПК. 2018. № 1. С. 18–21.
12. Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Пахотина И.В. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2019. № 1. С. 32–34.
13. Назарюк В.М., Калимуллина Ф.Р. Продуктивность зерновых культур и баланс макроэлементов в серой лесной почве при использовании минеральных удобрений и растительных остатков // Плодородие. 2018. № 6. С. 4–8.
14. Турусов В.И., Богатых О.А., Дронова Н.В., Балюнова Е.А. Роль пожнивно-корневых остатков в восстановлении плодородия почвы // Плодородие. 2020. № 4. С. 10–12.
15. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия // Земледелие. 2006. № 5. С. 12–14.
16. Кирюшин В.И., Дригидер В.К., Власенко А.Н. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева. М.: Изд-во МБА, 2019. 136 с.
17. Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И. Практикум по земледелию. М.: КолосС, 2004. 424 с.
18. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
19. Акинчин А.В. Накопление корневой массы гороха в зависимости от способа основной обработки почвы и удобрений // Изв. Курск. ГСХА. 2014. № 7. С. 55–56.
20. Попова В.И., Чудинов В.А., Болдышева Е.П., Бекмагамбетов А.И. Накопление растительных остатков и биологическая активность обыкновенных черноземов при ресурсосберегающей технологии // Вестн. Омск. ГАУ. 2020. № 2. С. 89–99.
21. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Азот в агроecosистеме на черноземных почвах. М.: РАН, 2018. 180 с.
22. Dejaux J.F., Recous S., Meynard J.M. The fate nitrogen from winter-frozen rapeseed leaves: mineralization, fluxes to the inirment and uptalce by repeseed crop in spring // Plant and soil. 2000. V. 218. № 1–2. P. 257–272.

Influence of Primary Tillage Practices on the Supplies of Macronutrients in Plant Residues Pea

D. V. Dubovik^{a,#}, E. V. Dubovik^a, and A. V. Shumakov^a

^aFederal Agricultural Kursk Research Center
ul. Karla Marksa 70b, Kursk 305021, Russia

[#]E-mail: dubovikdm@yandex.ru

In experiments on chernozem soils of the Kursk region, the influence of basic tillage techniques (plowing, combined tillage, surface treatment, direct sowing) on the accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in undecayed plant residues in soil, straw and pea grain was studied. The balance of macronutrients supplied with plant residues was calculated. It was found that the largest amount of undecomposed plant residues (16.2 t/ha) is typical for the spring period with systematic direct sowing and in a layer of 0–20 cm of soil. The highest level of accumulation of nitrogen (75.6 kg/ha) and phosphorus (18.9 kg/ha) in undecomposed plant residues in the soil was detected using combined treatment, potassium (24.7 kg/ha) – with direct sowing. A large mass of pea straw (3.1 t/ha) was formed during plowing, while the content of nitrogen, phosphorus and potassium in it was minimal (2.16, 0.53 and 0.95%, respectively). Due to the higher yield of the vegetative mass of peas, the amount of macronutrients received with the mass of straw during plowing was the highest. The highest yield of pea grain was formed during plowing (2.2 t/ha), the lowest – during surface treatment (1.6 t/ha). In pea grain, the maximum amount of nitrogen accumulated during its cultivation during plowing (3.6%). The content of total phosphorus and potassium in the grain during plowing, combined and surface treatments did not significantly change. It was found that in the absence of mineral fertilizers, a negative balance of macronutrients was formed. At the same time, it reached a maximum when using plowing as a method of basic tillage, a minimum – with direct sowing.

Key words: basic tillage techniques, plant residues in the soil, nitrogen, phosphorus, potassium, pea.