



УДК 631.871(571.51)

Е.И. Волошин, Н.Г. Рудой

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ПОЛЕВЫХ  
КУЛЬТУР В СРЕДНЕЙ СИБИРИ

E.I. Voloshin, N.G. Rudoy

FEATURES OF ACCUMULATION OF VEGETABLE FIELD CULTURES  
REMAINS IN CENTRAL SIBERIA

**Волошин Е.И.** – д-р с.-х. наук, проф. каф. общего земледелия Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: EV.Volochin@yandex.ru

**Рудой Н.Г.** – д-р с.-х. наук, проф., член дис. совета Д 220.037.06 Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

**Voloshin E.I.** – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of General Agriculture, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: EV.Volochin@yandex.ru

**Rudoy N.G.** – Dr. Agr. Sci., Prof., Member of Dis. Council D 220.037.06, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

В связи с сокращением производства и применения навоза в региональном земледелии возникает необходимость в рациональном использовании на удобрение растительных остатков различных сельскохозяйственных культур. Количество поступающих в почву растительных остатков зависит от урожайности сельскохозяйственных культур и использования в животноводстве. В разных природных зонах края урожайность полевых культур в 2015–2016 гг. была неодинаковой и зависела от плодородия почв, обеспеченности их питательными веществами, погодных условий, сортовых особенностей, технологии выращивания и уровня применения минеральных и органических удобрений. Наиболее высокие показатели урожайности всех возделываемых культур отмечаются на черноземах Назаровской и Чулымско-Енисейской лесостепных зон. В этих зонах урожайность культур в 1,5–2,0 раза была выше в сравнении с подтаежной. Во всех природных зонах больше всего побочной продукции, поверхностных и корневых остатков

поступает в почву при выращивании озимой ржи и озимой пшеницы (6,6–10,5 т/га), кормовых корнеплодов (5,1–6,3 т/га), овощных культур (5,1–5,9 т/га) и наименьшее количество после уборки урожая кукурузы на силос, многолетних и однолетних трав (2,3–4,2 т/га). Среди разных природных зон края наибольшее среднее количество растительных остатков (6,71 т/га) поступает в почву в Назаровской лесостепной зоне и наименьшее в подтаежной. С послеуборочными растительными остатками в почву поступает от 5,45 до 9,80 т/га органических удобрений в пересчете на подстилочный навоз КРС. В земледелии региона при запахивании в почву всех ресурсов растительных остатков в почву в среднем вносится в эквивалентном количестве 7,28 т/га навоза КРС. После гумификации растительных остатков в почву ежегодно поступает от 0,71 до 1,30 т/га гумуса. В подтаежной и лесостепных зонах края с растительными остатками в почву вносятся 27,2–49,0 кг азота, 13,6–24,5 кг фосфора и 27,2–49,0 кг калия. Компенсация выноса за

счет внесения в почву растительных остатков по природным зонам края составляет для азота 48,0–73,2 %, фосфора 29,0–38,3 и калия 58,1–72,1 %. Рациональное использование всех ресурсов растительных остатков полевых культур на удобрение будет способствовать стабилизации плодородия почв, снизит дефицитный баланс питательных веществ в земледелии региона и улучшит экологическую ситуацию в агроценозах.

**Ключевые слова:** растительные остатки, урожайность, навоз, гумификация, компенсация, плодородие, баланс питательных веществ.

*Due to the reduction in production and use of manure in regional agriculture there is a need in rational use of fertilizer of vegetable remains of various crops. The quantity of vegetable remains coming to the soil depends on the productivity of crops and use in animal husbandry. In different natural zones of the region the productivity of field cultures in 2015–2016 was unequal and depended on soils fertility, provision with nutrients, weather conditions, high-quality features, the technology of cultivation and the level of using mineral and organic fertilizers. The highest rates of productivity of all cultivated cultures were noted on Nazarovskaya and Chulym-Yenisei forest-steppe zones chernozyoms. In these zones the productivity of cultures was 1.5–2.0 times higher in comparison with subtaiga. In all natural zones of most of all collateral production, surface and root remains come to the soil at cultivation of a winter rye and winter wheat (6.6– 10.5 t/hectare), fodder root crops (5.1 – 6.3 t/hectare), vegetable cultures (5.1 – 5.9 t/hectare) and the smallest quantity after harvesting of corn on a silo, long-term and annual herbs (2.3–4.2 t/hectare). Among different natural zones of the region the greatest average number of vegetable remains (6.71 t/hectare) came to the soil in Nazarovsky forest-steppe zone and the smallest in the subtaiga. With postharvest vegetable remains to the soil came from 5.45 to 9.80 t/hectare of organic fertilizers in terms of cattle covering manure. In agriculture of the region at plowing in the soil of all resources of vegetable remains to the soil it is on average brought in equivalent number of 7.28 t/hectare of cattle manure. After humification of*

*vegetable remains to the soil annually comes from 0.71 to 1.30 t/hectare of humus. In subtaiga and forest-steppe zones of the region with vegetable remains 27.2– 49.0 kg of nitrogen, 13.6–24.5 kg of phosphorus and 27.2–49.0 kg of potassium brought in the soil. The compensation of carrying out due to entering into the soil of vegetable remains on natural zones of the region makes for nitrogen 48.0–73.2 %, phosphorus of 29.0 –38.3 % and potassium of 58.1–72.1 %. Rational use of all resources of vegetable remains of field cultures on fertilizer will promote stabilization of fertility of soils, reduce scarce balance nutrients in agriculture of the region and also improve ecological situation in agroecosis.*

**Keywords:** vegetable remains, productivity, manure, humification, compensation, fertility, balance of nutrients.

**Введение.** Важнейшей задачей сельскохозяйственного производства в современных условиях является повышение его продуктивности. Успешное решение этой проблемы связано с использованием систем земледелия и технологий, обеспечивающих достижение их высокой эффективности, экологической и экономической целесообразности.

Почва является основным средством производства в земледелии. От ее плодородия зависит величина и качество урожая сельскохозяйственных культур, их экологическая безопасность. По данным агрохимического картографирования [1, 2, 3], в земледелии региона происходит постепенное снижение потенциального и эффективного плодородия почв. В почвах сельскохозяйственных угодий происходит уменьшение содержания гумуса, подвижных форм макро- и микроэлементов. Основными факторами ухудшения агрофизических и агрохимических свойств пахотных почв являются нерациональная структура посевных площадей, устаревшая технология выращивания полевых культур, низкие дозы внесения минеральных и органических удобрений, развитие в лесостепной и подтаежной зонах края дефляции и водной эрозии. Вносимые дозы минеральных (25,0–28,0 кг/га) и органических удобрений (0,9–1,0 т/га) не компенсируют выноса элементов питания с урожаями сельскохозяйственных культур. Несба-

лансированность вносимых удобрений по элементам питания, нарушение оптимальных сроков и способов их внесения приводят к снижению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. В земледелии Красноярского края отмечается отрицательный баланс гумуса, макро- и микроэлементов.

Одним из источников сохранения и повышения плодородия почв является рациональное использование в качестве удобрений растительных остатков различных сельскохозяйственных культур. Растительные остатки в агроценозах выполняют важнейшую агроэкологическую функцию: служат основным доступным энергетическим материалом, являются источником углерода и биогенных элементов, регулируют микробиологическую деятельность в почвах [4]. Под действием почвенной микрофлоры растительные остатки подвергаются минерализации и гумификации, а почвы обогащаются гумусом и элементами минерального питания растений. Количество поступающих в почву растительных остатков зависит от вида выращиваемых культур, типов севооборотов, уровня урожайности и технологии выращивания растений [5].

Интенсивность и характер разложения растительных остатков зависят от их химического состава и отношения углерода к азоту. Оптимальным соотношением углерода к азоту, способствующим активному функционированию почвенных микроорганизмов, считается 20–30:1 [6]. Скорость разложения растительных остатков зависит от плодородия почв, содержания доступных для микроорганизмов питательных веществ, температуры, влагообеспеченности посевов и уровня применения азотных удобрений [7].

В связи с сокращением поголовья сельскохозяйственных животных в Красноярском крае и уменьшением производства и применения навоза в земледелии возникает необходимость в эффективном использовании растительных остатков в качестве органических удобрений. Научно обоснованное использование растительных остатков полевых культур будет способствовать сохранению плодородия почв, улучшению экологического

состояния агроценозов и повышению продуктивности регионального земледелия.

**Цель исследований.** Изучение особенностей накопления растительных остатков полевых культур в условиях Средней Сибири.

**Объекты и методы исследований.** Сельскохозяйственное производство в Красноярском крае сосредоточено в Ачинско-Боготольской, Канской, Красноярской, Минусинской, Назаровской, Чулымо-Енисейской и прилегающей к ним подтаежной зонах.

Климат в земледельческой части Красноярского края характеризуется резкой континентальностью. Среднеголетняя сумма осадков в подтаежной зоне составляет 400–520 мм и лесостепной – 250–480 мм при ГТК=0,8–1,5. Среднегодовая температура ниже 0 °С. Зима суровая и продолжительная (180–200 дней). Глубина промерзания почвы колеблется от 1,5 до 3 метров, высота снежного покрова в среднем не превышает 25–30 см. Продолжительность вегетационного периода колеблется от 140 до 160 дней. Средняя многолетняя сумма активных температур выше 10 °С варьирует от 1550 до 1900 °С.

В пашне преобладают черноземы, на долю которых приходится 61,8 % обследованной площади; серые лесные занимают 20; дерново-подзолистые – 5,4; дерново-карбонатные – 5,5; луговые и пойменные – 6,4 % [8]. Почвы земледельческой части Красноярского края отличаются по потенциальному и эффективному плодородию почв (табл. 1). Разнообразие природных условий в регионе оказывает влияние на состояние плодородия почв, эффективность удобрений и продуктивность сельскохозяйственных культур.

При расчете ресурсов растительных остатков в земледелии использовали статистические данные по урожайности сельскохозяйственных культур в Красноярском крае за 2015–2016 гг. Учет баланса растительных остатков полевых культур определяли в соответствии с принятыми рекомендациями [9].

## Средневзвешенная агрохимическая характеристика пахотных почв Красноярского края [1–3]

Природная зона	Площадь пашни, тыс. га	Гумус, %	рН КСl	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				мг/кг		
Подтаежная	270,8	5,0	4,8	6,5	128	124
Красноярская лесостепь	300,0	5,9	5,9	7,3	184	128
Ачинско-Боготольская лесостепь	160,1	7,0	5,4	8,0	100	139
Назаровская лесостепь	200,0	8,0	5,6	12,6	103	132
Чулымо-Енисейская лесостепь	540,0	8,1	6,3	6,5	106	147
Канская лесостепь	1017,1	5,5	5,8	7,3	174	131
Минусинская лесостепь	529,2	6,1	6,1	8,0	179	105
По краю	3017,2	6,5	5,7	8,3	139	129

**Результаты исследований и их обсуждение.** В агропромышленном комплексе Красноярского края возделывается более 20 различных сельскохозяйственных культур. Урожайность этих культур в разных природных зонах края была неодинаковой и зависела от плодородия почв, обеспеченности их подвижными формами элементов питания, погодных условий, сортовых особенностей, технологии выращивания и уровня применения удобрений (табл. 2). Наиболее высокие показатели урожайности всех возделываемых культур отмечаются на черноземах Назаровской и Чулымо-Енисейской лесостепных зон. В этих зонах урожайность полевых культур в 1,5–2,0 раза была выше в сравнении с подтаежной. Среди лесостепных зон более низкие урожаи сельскохозяйственных культур наблюдаются на легких по гранулометрическому составу почвах Минусинской лесостепной зоны.

В региональных условиях поступление растительных остатков полевых культур в почву зависело от их урожайности и использования в животноводстве. В разных природных зонах

края больше всего побочной продукции, поверхностных и корневых остатков поступает в почву при выращивании озимой ржи и озимой пшеницы (6,6–10,5 т/га), овощных культур и кормовых корнеплодов (5,1–6,3 т/га), кукурузы на силос (5,1–5,9 т/га) и наименьшее количество после уборки урожая многолетних и однолетних трав (2,3–4,2 т/га) (табл. 3). В региональных условиях наибольшее среднее количество растительных остатков (6,71 т/га) поступает в почву в Назаровской лесостепной зоне и пониженное в подтаежной (4,45 т/га). В других лесостепных зонах края поступающая в почву биомасса растений варьировала от 4,85 до 5,32 т/га.

С послеуборочными растительными остатками в почву поступает от 5,45 до 9,80 т/га органических удобрений в пересчете на подстилочный навоз КРС (табл. 4). Больше всего навоза с растительными остатками поступает в почву в Назаровской лесостепной зоне и наименьшее количество в подтаежной. В среднем в земледельческой зоне края при захоронении всех ресурсов растительных остатков в почву может поступать 7,28 т/га подстилочного навоза КРС.

Таблица 2

## Урожайность сельскохозяйственных культур в Красноярском крае в 2015–2016 гг., ц/га

Агрономия

Природная зона	Яровая пшеница	Ячмень	Овес	Озимая рожь	Озимая пшеница	Гречиха	Горох	Просо	Кукуруза/силос	Кормовые корнеплоды	Лен	Подсолнечник	Овощи	Картофель	Однолетние травы	Многолетние травы	Сенокосы
Подтаежная	12,4	14,2	11,5	18,8	8,6	-	15,2	-	-	242,0	-	-	264,0	173,9	11,4	15,0	-
Красноярская лесостепь	18,8	18,6	18,9	22,0	-	-	12,9	17,5	115,1	288,6	-	-	251,2	176,3	20,6	14,1	8,0
Ачинско-Боготольская лесостепь	17,1	21,7	17,4	20,4	12,6	-	14,1	-	-	257,7	-	-	266,8	168,9	-	11,6	6,7
Назаровская лесостепь	23,0	37,1	40,7	44,4	34,4	21,7	-	-	123,9	-	-	-	264,4	173,6	-	19,5	-
Чулымско-Енисейская лесостепь	25,2	29,7	33,7	-	-	-	14,9	-	334,6	311,5	-	-	258,3	173,3	15,0	17,6	17,9
Канская лесостепь	20,1	20,0	23,8	21,4	21,2	15,9	19,0	4,5	164,5	311,5	-	-	264,2	172,4	25,6	17,7	21,9
Минусинская лесостепь	14,0	16,0	14,8	22,9	26,6	7,2	13,5	19,0	205,9	311,5	17,6	10,5	234,7	166,0	14,3	14,7	5,0
По краю	18,6	22,5	22,9	25,0	20,7	14,9	14,9	13,6	188,8	287,1	17,6	10,5	257,6	172,1	17,4	15,7	11,9

## Ресурсы растительных остатков в сельскохозяйственной части Красноярского края, т/га

Природная зона	Биомасса			
	Побочная продукция	Поверхностные остатки	Корни	Всего
Подтаежная	2,03	0,67	1,75	4,45
Красноярская лесостепь	2,03	0,81	2,01	4,85
Ачинско-Боготольская лесостепь	2,33	0,72	1,82	4,87
Назаровская лесостепь	3,10	1,02	2,59	6,71
Чулымо-Енисейская лесостепь	2,02	0,84	2,41	5,27
Канская лесостепь	2,24	0,84	2,24	5,32
Минусинская лесостепь	2,14	0,76	1,98	4,88
По краю	2,27	0,81	2,11	5,19

Растительные остатки в почве под действием микрофлоры подвергаются гумификации и минерализации с одновременным высвобождением питательных веществ. Увеличение содержания гумуса в верхнем горизонте почв связано с характером поступления, распределения и разложения растительных остатков. Роль культур в накоплении гумуса в почвах определяется их урожайностью и структурой севооборота. В условиях края ежегодное примерное пополнение почв углеродом после гумификации растительных остатков колеблется от 0,71 до 1,34 т/га. Больше всего гумуса за счет растительных остатков поступает в пахотные почвы Назаровской и Чулымо-Енисейской лесостепных зон.

Растительные остатки содержат большое количество питательных веществ, доступных

для культурных растений. Количество поступающих в почву азота, фосфора и калия зависит от типов севооборотов, урожайности культур и уровня применения минеральных и органических удобрений. В подтаежной и лесостепных зонах края с растительными остатками в почву поступает 27,2–49,0 кг/га азота, 13,6–24,5 кг/га фосфора и 27,2–49,0 кг/га калия. Наибольшее количество макроэлементов вносится в почву в Назаровской лесостепи и наименьшее в подтаежной зоне. В среднем по краю с растительными остатками сельскохозяйственных культур в почву возвращается 90,9 кг/га азота, фосфора и калия.

## Примерное поступление гумуса и питательных веществ в почву при запахивании растительных остатков в агроценозах Красноярского края

Природная зона	Среднее количество растительных остатков, т/га	Эквивалент навозу, т/га	Гумус, т/га	Питательные вещества, кг/га			
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Всего
Подтаежная	4,45	5,45	0,71	27,2	13,6	27,2	68,0
Красноярская лесостепь	4,85	6,88	0,97	34,4	17,2	34,4	86,0
Ачинско-Боготольская лесостепь	4,87	7,20	0,97	36,0	18,0	36,0	90,0
Назаровская лесостепь	6,71	9,80	1,34	49,0	24,5	49,0	122,5
Чулымо-Енисейская лесостепь	5,27	7,16	1,05	35,8	17,9	35,8	89,5
Канская лесостепь	5,32	7,50	1,06	37,5	18,7	37,5	93,7
Минусинская лесостепь	4,88	6,98	0,97	34,9	17,4	34,9	87,2
По краю	5,19	7,28	1,01	36,4	18,2	36,4	90,9

Таблица 5

## Компенсация выноса питательных веществ урожаями культур при использовании на удобрение растительных остатков

Природная зона	Средний вынос урожаем сельскохозяйственных культур, кг/га				Возврат питательных веществ с растительными остатками, кг/га				Компенсация выноса за счет внесения в почву растительных остатков, %			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Всего	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Всего	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Среднее
Подтаежная	43,4	42,3	39,1	124,8	27,2	13,6	27,2	68,0	62,7	32,1	69,5	54,8
Красноярская лесостепь	51,5	46,2	49,3	147,0	34,4	17,2	34,4	86,0	66,8	37,7	69,8	58,1
Ачинско-Боготольская лесостепь	49,2	47,4	50,1	146,7	36,0	18,0	36,0	90,0	73,2	38,3	71,8	61,1
Назаровская лесостепь	74,8	71,3	68,8	214,9	49,0	24,5	49,0	122,5	65,5	34,4	71,2	57,0
Чулымско-Енисейская лесостепь	74,5	61,7	61,6	197,8	35,8	17,9	35,8	89,5	48,0	29,0	58,1	45,0
Канская лесостепь	59,1	52,6	52,0	163,7	37,5	18,7	37,5	93,7	63,4	35,5	72,1	57,0
Минусинская лесостепь	58,7	48,2	49,1	156,0	34,9	17,4	34,9	87,2	59,4	36,1	71,1	55,5
По краю	58,7	52,8	52,9	164,4	36,4	18,2	36,4	90,9	62,7	34,7	69,1	55,5

Вынос элементов питания урожаем сельскохозяйственных культур зависит от климатических условий природной зоны, типа почв, обеспеченности их подвижными формами питательных веществ, биологических особенностей растений и уровня применения удобрений. В подтаежной и лесостепных зонах края урожаями полевых культур в среднем выносятся от 43,4 до 74,8 кг/га азота, 42,3–71,3 кг/га фосфора и 39,1–68,8 кг/га калия (табл. 5). Компенсация выноса за счет внесения в почву растительных остатков по природным зонам края колеблется: для азота – 48,0–73,2 %, фосфора – 29,0–38,3 и калия – 58,1–72,1 %.

**Выводы.** Таким образом, внесение растительных остатков различных сельскохозяйственных культур в качестве удобрений обогащает почву гумусом и макроэлементами. Рациональное использование растительных остатков в агропромышленном комплексе региона будет способствовать стабилизации плодородия пахотных почв, уменьшит дефицитный баланс питательных веществ в земледелии и улучшит экологическую ситуацию в агроценозах.

#### Литература

1. Авдюкова Т.В., Хруцкий С.А. Состояние плодородия почв пашни Восточной зоны Красноярского края // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 25–29.
2. Алхименко Р.В. Мониторинг состояния пахотных почв в Западном и Центральном территориальных округах Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 6. – С. 11–14.
3. Сергеев А.П., Липатникова Т.Я., Горяева Е.В. Состояние плодородия пахотных почв Южной зоны Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – № 4. – С. 17–21.
4. Семенов В.М., Ходжаева А.К. Агроэкологические функции растительных остатков в почве // Агрохимия. – 2006. – № 7. – С. 68–81.
5. Черепанов Г.Г. Роль послеуборочных растительных участков в почвозащитном земледелии: обзор. информ. ВНИИТЭИагропром. – М., 1991. – 52 с.
6. Технология регулирования режима органического вещества почвы в ландшафтном

7. земледелии ЦЧЗ: рекомендации. – Каменная степь, 2010. – 44 с.
7. Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда. – М.: Агропромиздат, 1990. – 286 с.
8. Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края. – Красноярск, 2002. – 332 с.
9. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании / отв. ред. Л.Л. Шишов. – М., 1984. – 96 с.

#### Literatura

1. Avdjukova T.V., Hruckij S.A. Sostojanie plodorodija pochv pashni Vostochnoj zony Krasnojarskogo kraja // Zemledelie. – 2017. – № 1. – S. 25–29.
2. Alhimenko R.V. Monitoring sostojanija pahotnyh pochv v Zapadnom i Central'nom territorial'nyh okrugah Krasnojarskogo kraja // Dostizhenija nauki i tehniki APK. – 2017. – T. 31. – № 6. – S. 11–14.
3. Sergeev A.P., Lipatnikova T.Ja., Gorjaeva E.V. Sostojanie plodorodija pahotnyh pochv Juzhnoj zony Krasnojarskogo kraja // Dostizhenija nauki i tehniki APK. – 2017. – № 4. – S. 17–21.
4. Semenov V.M., Hodzhaeva A.K. Agrojekologicheskie funkcii rastitel'nyh ostatkov v pochve // Agrohimiya. – 2006. – № 7. – S. 68–81.
5. Cherepanov G.G. Rol' posleuborochnyh rastitel'nyh uchastkov v pochvozashhitnom zemledelii: obzor. inform. VNIITJelagro-prom. – M., 1991. – 52 s.
6. Tehnologija regulirovanija rezhima organicheskogo veshhestva pochvy v landshaftnom zemledelii CChZ: rekomendacii. – Kamennaja step', 2010. – 44 s.
7. Mineev V.G. Himizacija zemledelija i prirodnaia sreda. – M.: Agropromizdat, 1990. – 286 s.
8. Krupkin P.I. Chernozemy Krasnojarskogo kraja. – Krasnojarsk, 2002. – 332 s.
9. Rekomendacii dlja issledovanija balansa i transformacii organicheskogo veshhestva pri sel'skohozjajstvennom ispol'zovanii / отв. red. L.L. Shishov. – M., 1984. – 96 s.