

# ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

О.В. Чухина, к.с.-х.н., Р.А. Глазов, Д.Е. Смирнов, Е.Н. Кузовлев, Е.И. Куликова, к.с.-х.н.,  
Вологодская ГМХА им. Н.В. Верещагина, [dekanagro@molochnoe.ru](mailto:dekanagro@molochnoe.ru)  
160555, Россия, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2, Тел. (8172) 52-53-06

Показано, что в условиях Вологодской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве применение различных доз удобрений существенно повышало урожайность зелёной массы викоовсяной смеси, зерна озимой ржи, клубней картофеля и зерна ячменя. Дозы удобрений, рассчитанные балансовым методом под плановую урожайность с помощью балансовых коэффициентов использования питательного вещества из удобрений и почвы, увеличили по сравнению с контролем вынос азота, фосфора, калия культурами.

Ключевые слова: викоовсяная смесь, озимая рожь, картофель, ячмень, урожайность, севооборот, доза удобрений, балансовые коэффициенты, баланс удобрений.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.07

Важнейшим средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур является применение удобрений. Наиболее эффективно дифференцированное применение удобрений при чередовании культур в севообороте (агроценозе), так как только при таком применении максимально полно учитываются не только действие, но и последствие как органических, так и минеральных форм. Только научно обоснованная система удобрения в каждом севообороте может обеспечить получение плановых уровней урожаев возделываемых культур хорошего качества с одновременным регулированием почвенного плодородия и соблюдением требований охраны окружающей среды. Разработка приёмов, обеспечивающих получение урожайности зерновых культур на уровне 3,5 т/га, зелёной массы однолетних культур и картофеля – 25,0 и продуктивность – 4 т/га к.е. в севообороте на дерново-подзолистой почве в суровых погодноклиматических условиях Вологодской области – важная задача.

**Методика.** Согласно аттестату длительного опыта №164, опыт включён в реестр Государственной сети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами. Исследования проводили в 2015-2016 гг. в полевом стационарном опыте. Пахотный слой почвы перед закладкой опыта (1990 г.) характеризовался слабкокислой реакцией среды, очень высоким содержанием подвижного фосфора и средним – обменного калия, содержанием гумуса – 3,28%, легкогидролизуемого азота – 86 мг/кг почвы. Пахотный слой почвы перед 6-й ротацией севооборота (через 20 лет исследований) характеризовался на контроле среднекислой реакцией среды (рН<sub>KCl</sub> 4,9), содержанием подвижного фосфора и обменного калия, соответственно, 132 и 55 мг/кг почвы, гумуса – 2,56%. Опыт ведется в 4-польном севообороте: 1 – однолетние кормовые культуры (викоовсяная смесь, вика яровая, сорт Немчиновская юбилейная, овёс яровой – Боррус); 2 – озимая рожь, сорт Волхова; 3 – картофель – Елизавета; 4 – ячмень яровой – Выбор, возвращен в пространство и во времени.

Схема опыта в годы исследований представляла собой варианты: без удобрений (1), с применением припосевного и припосадочного удобрений культур (2), исследуемые минеральные системы удобрения, различающиеся Кб использования азота (3, 4), и органоминеральную систему (5), эквивалентную по элементам ва-

рианту 3 (табл. 1.). Дозы удобрений в вариантах 3-5 рассчитаны по плановым балансовым коэффициентам использования питательных (Кб) элементов из органических и минеральных удобрений [2-9]. Системы удобрения рассчитаны с помощью плановых Кб использования питательных элементов для получения следующей урожайности (т/га): озимой ржи – 3,5, картофеля – 25, ячменя – 3,5, викоовсяной смеси – 25. По всем вариантам опыта запланирован отрицательный баланс по азоту (Кб – 120 %) и нулевой баланс по фосфору (Кб – 100 %, фон). По калию в вариантах 3 и 5 систем запланирован нулевой баланс, а в варианте 4 – положительный баланс. При расчете доз удобрений использованы нормативы по выносу элементов питания 1 т основной продукцией с учетом побочной по результатам предыдущих лет исследований. Фосфорно-калийные и органические удобрения вносили под зяблевую вспашку в виде двойного суперфосфата и калийной соли, причем компост в дозе 40 т/га вносили под картофель.

## 1. Планируемые уровни урожайности культур и рассчитанные на их получение дозы удобрений

Элемент	Культура				Кб, %
	викоовсяная смесь	озимая рожь	карто-фель	ячмень	
Планируемая урожайность, т/га					
	25	3,5	25	3,5	
Доза удобрений, кг д.в/га					
Вариант 2					
N	12	12	20	12	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	16	16	20	16	-
K <sub>2</sub> O	16	16	-	16	-
Вариант 3					
N	75	90	125	80	120
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35	40	50	40	100
K <sub>2</sub> O	130	100	225	90	100
Вариант 4					
N	75	90	125	80	120
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35	40	50	40	100
K <sub>2</sub> O	160	120	270	110	80
Вариант 5					
Торфонавозный компост, 40 т/га					
N	50	80	70	30	120
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	35	15	10	100
K <sub>2</sub> O	100	100	45	30	100

Примечание. Вариант 1 – контроль без удобрений.

Азотные удобрения, в основном в виде аммиачной селитры, вносили под предпосевную культивацию. На

делянках с озимой рожью под предпосевную культивацию давали 1/3 годовой дозы азота, остальные 2/3 дозы азота – в подкормку (дважды – в фазе кущения и колошения в вариантах 3-5). При посеве вносили под озимую рожь, викоовсяную смесь и ячмень сложное азотно-фосфорно-калийное удобрение, под картофель – нитрофос (в варианте 2 только при посадке). Зерновые высевали сеялкой СЗУ-3,6, картофель сажали сажалкой СН-4Б-1. Технология возделывания культур в опыте была общепринятой для Северо-Западной зоны. Повторность опыта – четырехкратная. Расположение делянок – усложнённое систематическое. Площадь опытной делянки 140 м<sup>2</sup>, учетной – не менее 24 м<sup>2</sup>. Учет урожайности всех культур осуществлялся сплошным методом. Викоовсяную смесь убирали самоходной косилкой Е – 282, зерновые культуры – прямым комбайнированием (Сампо), картофель – картофелекопалкой с последующим ручным подбором клубней. Соотношение между товарной и нетоварной частями урожая устанавливали по пробным снопам. Образцы картофеля составляли из 10 кустов на каждой делянке. Урожаи приведены к стандартной влажности: зерно – 14%, солома – 16, викоовсяная смесь на зеленую массу – 75, клубни и ботва картофеля – 80%. При анализах товарной и нетоварной частей урожая после мокрого озоления по К. Гинзбург определяли: азот по Кьельдалю, фосфор – на фотоколориметре, калий – на пламенном фотометре [9]. Математическая обработка материалов исследований проведена методом однофакторного дисперсионного анализа при помощи ЭВМ и по Б.А. Доспехову [1].

**Результаты и их обсуждение.** По данным ФГБУ «Вологодский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ГМС Вологда), погодные условия в 2015 г. отличались от среднесезонных значений для Вологодской области. В 2015 г. переход среднесуточной температуры воздуха через +10<sup>0</sup>С в сторону повышения (начало лета) по области произошёл 7-11 мая, что на 12-17 дней раньше многолетних сроков. Май 2015 г. отличался повышенным температурным режимом и обилием осадков. Июнь 2015 г. характеризовался тёплой погодой с неравномерным распределением осадков по области в течение месяца. Июль 2015 г. характеризовался прохладной погодой, на 2<sup>0</sup>С ниже нормы. Сумма осадков в этом месяце была на 25% ниже нормы. Избыток влаги и прохладный температурный режим летом 2015 г. обусловили растянутый период вегетации культур севооборота и получение

высокого их урожая. Вегетационный период 2016 г. характеризовался повышенным температурным режимом и недостаточным увлажнением весной, теплой и сухой погодой в июне – июле, благоприятным температурным режимом и влажной погодой в августе, холодным и дождливым сентябрем. В целом вегетационный период 2016 г. характеризовался благоприятными условиями (ГТК по Селянинову – 1,2).

Как известно, на урожайность культур севооборота оказывают влияние различные факторы: применение удобрений, степень окультуренности почвы, погодные условия, биологические и сортовые особенности возделываемой культуры и многие другие [3-8]. В таблице 2 и на рисунке приведена урожайность изучаемых культур севооборота за 2015-2016 гг. исследований. На урожайность зеленой массы викоовсяной смеси значительное влияние, кроме погодных условий в период вегетации культуры, оказывали удобрения. Даже минимальная доза (N<sub>12</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub>) обеспечила существенную прибавку урожайности в 2015 г. – 7,6 т/га, в 2016 г. – 3,1 т/га, что составило в среднем 36%. Дальнейшее повышение доз минеральных удобрений достоверно увеличивало урожайность культуры. Варианты с расчетными дозами удобрений (вар. 3-5) обеспечили существенные прибавки урожайности зеленой массы: 17,0 – 21,7 т/га в 2015 г. и 5,4-6,1 т/га в 2016 г. по сравнению с минимальной дозой удобрения (2 вар.). В 2015 г. органоминеральная система удобрения (вар. 5) существенно превысила минеральные (вар. 3 и 4), в т.ч. эквивалентную по питательным элементам на 4,7 – 5,8 т/га и обеспечила максимальную урожайность зеленой массы викоовсяной смеси, а в 2016 г. несущественно отличалась от минеральных систем.

**2. Урожайность основной продукции изучаемых культур севооборота, т/га**

№ варианта опыта	Зелёная масса викоовсяной смеси		Зерно озимой ржи		Клубни картофеля		Зерно ячменя	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
1	14,6	16,1	3,13	2,60	14,0	14,3	2,73	1,69
2	22,2	19,2	3,86	3,15	18,5	21,4	3,21	2,75
3	31,6	24,6	4,75	3,98	24,3	29,6	4,23	4,33
4	30,5	25,3	5,30	4,32	27,7	32,6	5,24	4,92
5	36,3	24,6	4,84	4,20	28,8	38,3	4,71	4,72
НСР <sub>05</sub>	4,6	3,0	0,8	0,6	2,9	6,1	0,8	0,7

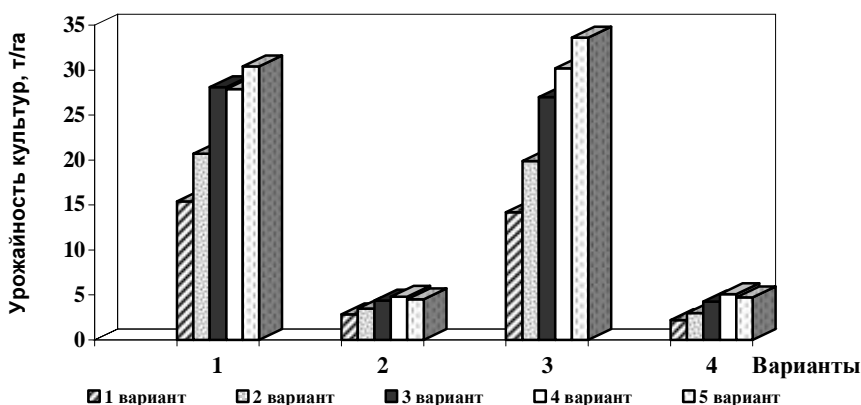


Рис. Урожайность культур севооборота при применении удобрений (в среднем за 2015 – 2016 гг.):  
1 – викоовсяная смесь; 2 – озимая рожь; 3 – картофель; 4 – ячмень

В среднем за годы исследований применение расчетных систем удобрения (вар. 3-5) повышало урожайность зеленой массы викоовсяной смеси на 86–104 % по сравнению с контролем. Использование удобрений увеличивало урожайность зерна озимой ржи. Минимальные дозы удобрений существенно повышали урожайность зерна озимой ржи в 2015 г. и несущественно – в 2016 г. Применение расчетных доз удобрений (вар. 3-5) значительно повышало урожайность зерна озимой ржи по сравнению с минимальной дозой удобрения и с вариантом без удобрений. Эквивалентные по питательным элементам минеральная и органоминеральная системы (вар. 3, 5) не различались по влиянию на урожайность зерна озимой ржи. Максимальная урожайность озимой ржи в среднем за годы исследований (4,8 т/га) получена в варианте 4. Расчетные дозы удобрений (вар. 3-5) на 52-68% повышали урожайность зерна озимой ржи по сравнению с контролем. Применение удобрений также влияло и на урожайность клубней картофеля. Повышение доз вносимых удобрений вызывало закономерное увеличение урожая. В среднем за годы исследований внесение удобрения в дозе  $N_{20}P_{20}$  при посадке вызывало достоверное повышение урожайности картофеля на 5,8 т/га. Увеличение урожайности при изучавшейся минимальной дозе удобрений составило 41% по сравнению с контролем. За 2015-2016 гг. применение расчетных систем удобрения (вар. 3-5) существенно повышало урожайность культуры. Урожайность картофеля при применении удобрений в этих вариантах возросла на 12,8-19,4 т/га (90-136%). В 2015-2016 гг. минеральная система удобрения с максимальной дозой калийных удобрений и органоминеральная система по влиянию на урожайность клубней не различались.

В годы исследований удобрения повышали урожайность зерна ячменя. В 2015 г. при внесении удобрений под ячмень только при посеве (вар. 2) прибавка урожайности зерна была ниже  $HC_{05}$ , а в 2016 г. прибавка от минимальной изучаемой дозы удобрений оказалась существенной – 1,06 т/га. Максимальная урожайность ячменя получена в трех расчетных вариантах (вар. 3-5). В среднем за исследуемые годы фактическая урожайность ячменя превысила плановый уровень на 0,78-1,96 т/га, что связано с довольно благоприятными погодными условиями, особенно в критические периоды роста и развития культуры. Таким образом, в среднем за 2015-2016 гг. все расчетные системы удобрения (вар. 3-5) повышали урожайность викоовсяной смеси на 12,8-15,4 т/га, зерна озимой ржи на 1,50-1,94, картофеля – на 12,8-19,4, ячменя – на 2,07-2,87 т/га. Плановый уровень урожайности при применении расчетных систем удобрения достигнут всеми изучаемыми культурами.

Грамотное, научно обоснованное применение удобрений увеличивает урожайность основной продукции культурных растений. Также возрастает урожайность и побочной продукции: соломы у ячменя и озимой ржи, ботвы у картофеля. В среднем за годы исследований внесение удобрений, как в минимальной, так и в расчетных дозах, повышало урожайность и побочной продукции (табл. 3). Увеличение дозы калийных удобрений (вар. 4 в сравнении с вар. 3) вызывало повышение урожайности побочной продукции. Органоминеральная система удобрения оказала большее влияние на накопление биомассы побочной продукцией по сравнению с эквивалентной ей минеральной системой на всех изучаемых культурах (вар. 5 в сравнении с вар. 3). Наи-

большая урожайность соломы зерновых культур севооборота отмечена при применении минеральной системы с максимальной дозой калийных удобрений.

### 3. Урожайность соломы ячменя и озимой ржи, ботвы картофеля при применении удобрений (в среднем за 2015-2016 г.), т/га

№ варианта опыта	Солома озимой ржи	Прибавка к контролю		Ботва картофеля	Прибавка к контролю		Солома ячменя	Прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
1	3,78	–	–	4,46	–	–	2,16	–	–
2	4,82	1,04	27	6,33	1,87	42	2,87	0,71	33
3	5,81	2,03	54	8,90	4,44	99	4,34	2,18	101
4	6,26	2,48	66	11,06	6,60	148	5,46	3,30	153
5	6,01	2,23	59	11,74	7,28	163	4,94	2,78	129

В целом за годы исследований урожайность побочной продукции культур севооборота увеличивалась при применении возрастающих доз удобрений.

Под действием изучавшихся доз удобрений (вар. 2-5) вынос азота и калия 1 т зеленой массы однолетних трав повышался, соответственно, на 0,2-0,9 и 0,3-1,4 кг, а фосфора – на 0,2-0,3 кг (табл. 4). Высокие затраты азота показывают, что часть элементов питания использовалась из атмосферы и почвы за счет интенсивной азотфиксации вики. Вынос азота на однолетних культурах превысил показатели ряда других авторов при применении расчетных систем удобрения (вар. 3-5) на 1,3-1,4 кг, по фосфору – на 0,4, а по калию – на 0,2-0,7 кг.

### 4. Вынос элементов питания 1 т основной продукции с учётом побочной при применении различных доз удобрений (в среднем за 2015-2016 гг.), кг

№ варианта опыта	Викоовсяная смесь	Озимая рожь	Картофель	Ячмень
<i>Азот</i>				
По др. авторам	3,5*	30	6,0	27
1	4,0	24	4,6	24
2	4,2	26	4,9	24
3	4,8	28	5,4	29
4	4,8	30	5,8	30
5	4,9	30	5,8	30
<i>Фосфор</i>				
По др. авторам	1,4	12	2,0	11
1	1,5	10	2,0	8
2	1,7	11	2,0	8
3-5	1,8	11	2,0	8
<i>Калий</i>				
По др. авторам	5,0	28	9,0	24
1	4,3	18	7,6	14
2	4,6	20	8,2	16
3	5,2	22	9,2	18
4	5,7	25	9,9	20
5	5,3	20	9,4	18

\* Азот, используемый растениями за счёт почвы и удобрений, без азотфиксации.

Вынос элементов питания 1 т зерна озимой ржи с соответствующим количеством соломы при применении расчетных доз удобрений значительно повышался: по азоту – на 4-6 кг, калию – на 2-7 кг и слабо – по фосфору. Наибольшие затраты азота на создание 1 т зерна с соответствующим количеством соломы озимой ржи оказались при применении расчетных доз удобрений (вар. 3-5), а калия – при применении максимальной дозы калийных удобрений (вар. 4). Расчетные системы удобрения не различались по затратам фосфора. Фактические выносы на озимой ржи соответствовали пла-

новым по азоту в вар. 3-5, по фосфору и калию были ниже, соответственно, на 1 и 3-8 кг.

Вынос элементов питания 1 т клубней с соответствующим количеством ботвы картофеля при применении расчётных систем удобрения возрастал по азоту на 0,8-1,2 кг, калию – на 1,6-2,3 кг и не изменялся по фосфору. Фактические затраты азота и калия на создание 1 т клубней картофеля с соответствующим количеством ботвы при применении различных доз удобрений отличались от плановых незначительно, соответственно, на 0,2-1,1 и 0,2-1,2 кг.

В 2015-2016 гг. исследований максимальное количество азота на ячмене расходовалось при применении различных доз удобрений, при этом значения отличались от планового уровня на 1-3 кг. Вынос фосфора и калия 1 т зерна ячменя с соответствующим количеством соломы было ниже планового уровня на 3 и 4-8 кг соответственно.

Таким образом, под действием изучавшихся доз удобрений в годы исследований вынос единицей продукции изучаемых культур азота и калия повышался, а фосфора не изменялся.

В годы исследований вынос элементов питания с урожаем культур увеличивался при применении удобрений. Выносы азота и калия незначительно возрастали при применении максимальной дозы калийных удобрений и органоминеральной системы (вар. 4, 5) (табл. 5). Различные дозы удобрений увеличивали вынос азота в 1,4-2,5 раза, фосфора – в 1,4-2,2 и калия в 1,5-2,7 раза по сравнению с контролем. Это повлияло на баланс элементов питания в почве. Расчётные дозы удобрений обеспечивали наибольший вынос элементов питания, так как урожайность в этих вариантах была существенно выше, чем на контроле при применении удобрений только при посеве и посадке.

В 2015-2016 гг. в вар. 3-5 Кб по азоту был больше 120%, составил 142-165%, отличался от планового на 22-45%, т.е. при планировании отрицательного баланса оказался таковым. По фосфору в вар. 3-5 наблюдался отрицательный баланс, Кб отличался от планового на 15-29%. По калию в вар. 3-5 фактические балансовые коэффициенты соответствовали отрицательному балансу (табл. 5).

Это свидетельствует о том, что в условиях, близких 2015-2016 гг., по азоту, фосфору и калию при внесении

удобрений в дозах, соответственно, 93, 41 и 136-165 кг д.в/га наблюдается отрицательный баланс этих элементов в севообороте. Следовательно, данные дозы экологически безопасны и не могут вызвать загрязнения окружающей среды.

**5. Баланс питательных элементов в севообороте (2015-2016 гг.)**

Показатель	Элемент	Вариант опыта			
		2 (N <sub>14</sub> P <sub>17</sub> K <sub>12</sub> )	3 (N <sub>93</sub> P <sub>41</sub> K <sub>136</sub> )	4 (N <sub>93</sub> P <sub>41</sub> K <sub>165</sub> )	5 (N <sub>93</sub> P <sub>41</sub> K <sub>136</sub> )
Средне-взвешенный хозяйственный вынос, кг/га	N	87	132	152	154
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34	47	52	53
	K <sub>2</sub> O	94	144	172	164
Баланс, кг/га	N	-73	-39	-59	-61
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-17	-6	-11	-12
	K <sub>2</sub> O	-82	-8	-7	-28
Кб фактический, %	N	621	142	163	165
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	200	115	127	129
	K <sub>2</sub> O	783	106	104	120

#### Литература

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Жуков, Ю.П. Система удобрения в хозяйствах Нечерноземья. – М.: Московский рабочий, 1983. – 144 с.
3. Жуков, Ю.П. Расчёт системы удобрения по балансовым коэффициентам // Земледелие. – 1988. – № 1. – С. 40-42.
4. Жуков, Ю.П. Баланс питательных веществ как прогнозно-экологический показатель плодородия почв и продуктивности культур // Агрохимия. – 1996. – № 7. – С. 35-45.
5. Жуков, Ю.П. Влияние различных доз удобрений на урожайность культур севооборота и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы / Ю.П. Жуков, О.В. Чухина, Н.В. Токарева, Е.И. Куликова // Плодородие. – 2015. – №2(83). – С.14-20.
6. Чухина, О.В. Продуктивность культур и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы в севообороте при применении различных доз удобрений / О.В. Чухина, Ю.П. Жуков // Агрохимия. – 2015. – № 5. – С.20 – 28.
7. Чухина, О.В. Влияние удобрений и микропрепаратов на урожайность и вынос элементов питания культурами звена полевого севооборота / О.В. Чухина, В.В. Суров // Плодородие. – 2014. – №3(78). – С.18-22.
8. Чухина, О.В. Плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в севообороте при применении различных доз удобрений // О.В. Чухина, Ю.П. Жуков // Агрохимия. – 2013. – № 11. – С. 10-18.
9. Ягодин, Б.А. и др. Практикум по агрохимии // Под ред. Ягодина Б.А. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

## INFLUENCE OF FERTILIZERS ON CROP YIELD AND REMOVAL OF NUTRITION ELEMENTS IN VOLOGDA REGION

*O.V. Chuhina, R.A. Glazov, D.E. Smirnov, Ye.N. Kuzovlev, E.I. Kulikova,*

*The Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education the Vereshchagin State Dairy Farming Academy of Vologda, Shmidta. ul. 2, 160555 Vologda, Russia, e-mail: dekanagro@molochnoe.ru*

*Under conditions of the Vologda region, the application of different fertilizer rates to loamy sod-podzol soil has significantly increased the yield of green vegetable matter in vetch-oat mixture, as well as the yield of winter rye grain, potato tubers and barley grain. The application rates of fertilizers, calculated by the balance method for the planned yield using the balance coefficients of nutrients utilization from fertilizers and soil, have increased the removal of nitrogen, phosphorus, and potassium by both crops.*

*Keywords: vetch-oat mixture; winter rye; potatoes; barley; yield; crop rotation; rate of fertilizers; balance coefficients; balance of fertilizers.*