УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ КАК УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS AS A CONDITION OF PRODUCTIVE FORCES DEVELOPMENT

УДК 631.445.4:631.5

DOI:10.31677/2311-0651-2019-24-2-138-144

ДИНАМИКА ОБМЕННОГО КАЛИЯ И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЧЕРНОЗЁМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ПРИ СИДЕРАЦИИ

Л. П. Галеева, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: liub.galeeva@yandex.ru

Ключевые слова: обменный калий, сидераты, горохоовсяная смесь, фацелия, рапс, горчица, чернозём выщелоченный, баланс, азот, фосфор, урожайность, пшеница.

Реферат. В полевых исследованиях установлено, что при запарке зелёной массы сидератов в чернозёмах выщелоченных накапливается от 60 до 140 кг/га обменного калия. Больше всего его содержится в сидеральных парах с фацелией и горохоовсяной смесью. Только в пару с фацелией создаётся положительный баланс калия в почве, в остальных парах его дефицит составлял 30–80 кг/га. Запасы нитратного азота в почве изменялись в пределах 60–80 кг/га, а наибольшими они были в сидеральном пару с фацелией. Баланс азота в почве во всех сидеральных парах положительный. Запасы подвижного фосфора в парах составили 12–15 кг/га, а его дефицит – 50–80 кг/га. Наибольшая урожайность пшеницы и её прибавка к чистому пару получены по сидеральному пару с фацелией – 25 и 32 ц/га и 25 и 46% соответственно. Для получения высоких и устойчивых урожаев яровой пшеницы, поддержания калийного статуса и положительного баланса элементов питания в чернозёмах выщелоченных в качестве сидеральных культур целесообразно рекомендовать горохоовсяную смесь и фацелию.

THE DYNAMICS OF THE EXCHANGE OF POTASSIUM AND A BALANCE OF NUTRIENTS IN LEACHED CHERNOZEM UNDER GREEN MANURING

L. P. Galeeva, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University

Key words: exchange potassium, green manure, pea mixture, phacelia, rapeseed, mustard, leached Chernozem, balance, nitrogen, phosphorus, yield, wheat.

Abstract. In field studies found that when plowing green mass of green manure in leached Chernozem accumulates from 60 to 140 kg/ha of potassium exchange. Most of it is found in green manure pairs with phacelia and pea mixture. Only a couple of phacelia creates a positive balance of potassium in the soil, in other pairs, the deficit amounted to 30–80 kg/ha. Stocks of nitrate nitrogen in the soil was varied in the range of 60–80 kg/ha, and the highest they have been in the green manure a couple of phacelia. Nitrogen balance in soil in all green manure pairs is positive. The reserves of mobile phosphorus in pairs made up of 12–15 kg/ha, and its

deficiency is 50–80 kg/ha. maximum yield capacity of wheat and its addition to a clean pair obtained in the green manure a couple of phacelia – 25 and 32 kg/ha and 25 and 46 %, respectively. To obtain high and stable yields of spring wheat, maintain potash status and a positive balance of nutrients in leached chernozems as green manure crops, it is advisable to recommend growing pea mixture and phacelia.

Ежегодный вынос калия урожаем сельскохозяйственных культур за последние 20 лет составляет в среднем от 30 до 100 кг д. в/га, а его среднегодовое поступление с минеральными удобрениями – всего 1–2 кг/га [1, 2]. Во многих регионах России для возделывания сельскохозяйственных культур используют запасы калия, созданные ещё в период интенсивной химизации земледелия. Согласно данным сплошного почвенно-агрохимического обследования, проведённого в последние годы на территории страны, отмечена устойчивая тенденция к снижению содержания доступного калия в пахотном слое почвы. Уменьшается его подвижность и способность почвы к восстановлению исходного содержания калия в легкодоступной форме, что также снижает эффективность азотных и фосфорных удобрений. В связи с тем, что различные сельскохозяйственные культуры обладают неодинаковой способностью усваивать почвенный калий, для мониторинга его статуса в почве учёные рекомендуют оценивать содержание его легкообменной и обменной форм [3–7].

Исследованиями ряда авторов [7–12] установлена положительная связь калийного потенциала с урожайностью отдельных сельскохозяйственных культур. Доля участия калия в прибавке урожайности от внесения азотно-фосфорно-калийного удобрения зависит от почвенно-климатической зоны и составляет от 0 до 27 % [6]. Установлено также, что наибольшую эффективность калийные удобрения проявляют на почвах легкого гранулометрического состава с низким содержанием калия. При достаточном калийном питании уменьшается поражаемость растений болезнями и повреждаемость вредителями, повышается их устойчивость к полеганию, заморозкам и повышенным температурам, неблагоприятным условиям водного режима. Сбалансированное калийное питание растений способствует получению продукции высокого качества, уменьшает её потери при хранении, способствует более экономному расходованию влаги, азота и фосфора растениями при формировании единицы товарной части урожайности. Потребность всех культур в калийных удобрениях и их эффективность проявляются обычно лишь при одновременном достаточном внесении азотных и фосфорных удобрений [13, 14].

В современном земледелии большая часть урожая часто формируется только за счёт использования плодородия почвы без возврата в неё выносимых с урожаем элементов питания [15]. В этой связи большое значение приобретает биологизация земледелия.

Биологизированное земледелие включает использование таких основополагающих факторов, как севообороты, адаптивные виды и сорта полевых культур, дифференцированная обработка почвы, расширение посевов многолетних бобовых трав, а также биологизация систем удобрений. Биологическая система удобрений подразумевает использование в качестве удобрений сидератов, биологических препаратов, традиционных и нетрадиционных органических удобрений и др. Биологическое земледелие позволит не только эффективно использовать многие местные ресурсы, но и решать актуальные вопросы экологизации земледелия в рамках его адаптивно-ландшафтных систем.

Возделывание сидератов – один из эффективных способов повышения плодородия почв и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Заделка сидеральных культур в почву, во-первых, обогащает её органическим веществом, азотом и другими элементами питания; во-вторых, не требует затрат на перевозку, так как растения запахивают в почву на месте их выращивания.

Чаще всего в качестве сидеральных культур высевают бобовые, такие как однолетний и многолетний люпин, донник, сераделла, эспарцет, вика, клевер, горох. Согласно данным исследований А. В. Дедова и др. [16], 100 ц зелёной массы люпина, запаханной в почву, увеличивают в ней запасы азота на 45, фосфора – на 10 и калия – на 17 кг/га. Азот зелёных удобрений почти в 2 раза доступнее для растений, чем азот навоза. Запашка сидератов приводит к улучшению агрохимических, водно-физических и биологических свойств почвы, которые в целом повышают её плодородие. Одновременно сидераты уменьшают продолжительность нахождения почвы без растительности, что предохраняет её от ветровой и водной эрозии, предотвращают потери подвижных питательных веществ за счёт миграции их по почвенному профилю и газообразного азота в результате денитрификации.

Выращивание сидератов уменьшает засорённость полей, выполняя фитосанитарную роль, повышает продуктивность агроценозов и качество выращиваемой продукции. В зависимости от вида культуры, возделываемой на зелёное удобрение, и агрономической цели, сидераты могут занимать поле в течение одного или нескольких вегетационных периодов (самостоятельные посевы) и совместно с основной культурой (подсевные посевы). Обычно такие сидеральные культуры, как люпин, донник, клевер, сераделла, подсевают под предшествующую основную культуру.

Выделяют два способа использования зелёного удобрения: полное – запахивание всей зелёной массы и корней в почву и отавное, когда основной урожай зелёной массы скашивают и используют на корм, а корневые остатки и отросшую отаву используют как удобрение.

Установлено, что за счёт ассоциативной биологической фиксации в пашне практически невозможно накопить более 40 кг/га азота. Использование бобовых культур в качестве сидератов, благодаря их симбиотической азотфиксации, способствует значительному накоплению азота. Количество азота, образующееся в почве за счёт сидеральных культур, зависит также от климата, высеваемой бобовой культуры и способа её использования (сидерация, пожнивные остатки при разной высоте среза фитомассы) и сильно варьирует. В условиях умеренного климата без полива при использовании в качестве сидератов бобовых культур азотфиксация может достигать 300 кг/га, а в засушливой зоне при хорошем поливе – 700 кг/га [17].

В. В. Чупровой [18] показано, что недооценка влияния растительного вещества на продуктивность культурных растений и плодородие почв – одна из причин пассивного отношения к внедрению в сельскохозяйственное производство сидеральных культур, альтернативных минеральным удобрениям, но экологически чистых. Установлено, что запашка 12 т/га фитомассы донникового пара и 8 т/га поживно-корневых остатков люцерны в чернозёмы Средней Сибири приводит к положительному балансу углерода и азота в агроэкосистемах. Интенсивность продукционного процесса в агроценозах зерновых культур по сидеральным парам возрастает в последствии.

Влияние чистого и сидеральных паров на динамику калия и баланс элементов питания чернозёма выщелоченного мы изучали в мелкоделяночном (с. Боровое) и полевом опытах (учхоз «Тулинское»), расположенных на территории северной лесостепи Приобья. Почва опытных участков – чернозём выщелоченный среднесуглинистый иловато-крупнопылеватый. В мелкоделяночном опыте почва использовалась в течение 15 лет в овощном севообороте на орошении без применения удобрений. Агрохимические показатели её пахотного слоя следующие: гумус – 5,83 %, pH – 7,15, N – 0,231, P – 0,116 %, нитратный азот – 5,5, а в слое 0–40 см – 9,4 мг/кг, легкодоступный фосфор – 0,29, подвижный фосфор – 187,5, обменный калий – 115,5 мг/кг, сумма обменных оснований – 32,6 мг-экв/100 г почвы, из которых 78 % приходится на кальций.

Варианты опыта: 1–пар чистый; 2–пар сидеральный (горох+овёс); 3–пар сидеральный (фацелия). Площадь делянки 1 м² (0,5 x 2), повторность опыта – 4–кратная, расположение делянок рендомизированное. Сидеральные культуры в фазу цветения измельчали и заделывали в почву под перекопку на глубину 20–30 см.

В полевом опыте в качестве сидеральных культур выращивали горохоовсяную смесь, фацелию и смесь рапса с горчицей, зелёную массу которых в фазу цветения растений измельчали и запахивали в почву на глубину 20–30 см. Почва опытного поля – чернозём выщелоченный среднесуглинистый, более 50 лет используется в пашне зернопарового севооборота. Агрохимические показатели его следующие: гумус – 6,92 %, pH – 7,17, N – 0,277, P – 0,191 %, нитратный азот – 5,5, а в слое 0–40 см – 13,8 мг/кг, легкодоступный фосфор – 0,16, подвижный фосфор – 105,8, обменный калий – 136,7 мг/кг, сумма обменных оснований – 34,5 мг-экв/100 г почвы, из которых 84,0 % приходится на кальций.

Варианты опыта: 1–пар чистый; 2–пар сидеральный (горох+овёс); 3–пар сидеральный (фацелия); 4–пар сидеральный (рапс+горчица). Повторность опыта – 4–кратная; площадь делянки 40 м² (4 x 10).

Почвенные образцы в обоих опытах отбирали до глубины 100 см по слоям через 20 см весной перед посевом сидеральных культур, летом перед заделкой и осенью через 1,5 месяца после заделки в почву, а также весной следующего года. При возделывании яровой пшеницы по разным сидеральным парам отбор почвенных образцов проводили ежегодно весной до посева и осенью после уборки. Норма высева семян сидеральных культур составила: фацелии – 20, рапса – 13 и горчицы – 15 кг/га, смесь

гороха с овсом высевали в соотношении 1:2,5 при норме посева овса 5 млн шт /га. На следующий год после заделки сидератов по всем предшественникам выращивали пшеницу сорта Новосибирская 29 с нормой посева 5 млн шт /га.

Содержание гумуса в почве определяли по методу Тюрина (ГОСТ 26213–91); гранулометрический состав – по Качинскому; pH – потенциометрически (ГОСТ 26483–85); обменные основания и обменный кальций – трилонометрическим методом (ГОСТ 27821–88); общий азот – по Кьельдалю, Иодльбауэру; фосфор – по Гинзбург и др. (ГОСТ 26261–84). Нитратный азот определяли по Грандваль-Ляжу, легкодоступный фосфор (степень подвижности I) – по Карпинскому, Замятиной; подвижный фосфор (фосфатная ёмкость Q) и обменный калий – по Чирикову (ГОСТ 26204–91).

Содержание обменного калия в пахотном слое чернозёма выщелоченного перед закладкой мелкоделянчного опыта было повышенным, а полевого опыта – варьировало в пределах от повышенного до высокого и соответствовало оптимальному уровню обеспеченности растений калием (рис. 1). Заделка сидератов, особенно фацелии, в почву с. Боровое повышала его количество в пахотном слое в 1,6–2,2 раза. В чернозёме учхоза «Тулинские» сидераты уменьшали содержание обменного калия за счёт выноса его растениями, а в чистом пару оно возрастало.

Рис. 1. Влияние сидератов на содержание обменного калия в пахотном слое чернозёма выщелоченного:
1 – исходное содержание; 2 – после заделки сидератов;
3 – весной следующего года

На следующий год после заделки сидератов в почву содержание калия в чернозёме с. Боровое уменьшалось в 1,3–1,5 раза, но при этом было выше его исходного и оптимального уровней обеспеченности. В чернозёме учхоза, наоборот, его количество возрастало и соответствовало высокой обеспеченности. В целом содержание обменного калия в слое 0–20 см обоих чернозёмов всех сидеральных паров было примерно одинаковым – повышенным и превышало чистый пар.

Запасы обменного калия в слое 0–20 см чернозёма с. Боровое существенно возрастали в сидеральном пару с фацелией, а в чернозёме учхоза, наоборот, уменьшались во всех сидеральных парах и возрастали в чистом пару (рис. 2).

Весной следующего года они оставались стабильными в чистом пару чернозёма с. Боровое и увеличивались на 26 и 32 % в сидеральных парах, а в чернозёме учхоза возрастали во всех вариантах опыта. В подпахотном слое (20–40 см) чернозёма с. Боровое сидераты увеличивали запасы обменного калия в 1,9 и 1,6 раза по сравнению с чистым паром. В чернозёме учхоза они были больше под сидератами, чем в чистом пару (кроме пара со смесью рапс+горчица), но меньше исходных. Наибольшие запасы обменного калия в слое 20–40 см чернозёма с. Боровое формировались в чистом пару, а в чернозёме учхоза были одинаковыми во всех вариантах и в 1,4–2,2 раза больше, чем в чернозёме с. Боровое. В слое 0–40 см чернозёма с. Боровое наибольшие запасы обменного калия накапливались в сидеральном пару с горохоовсяной смесью, а в чернозёме учхоза – со смесью рапс+горчица.

Рис. 2. Влияние сидератов на запасы обменного калия в слое 0–20; 20–40 и 0–40 см чернозема выщелоченного:

1 – исходное содержание; 2 – после заделки сидератов; 3 – весной следующего года

Следовательно, больше всего обменного калия в пахотном слое чернозёмов выщелоченных накапливается в сидеральных парах с горохоовсяной смесью и фацелией, которые можно рекомендовать для поддержания калийного статуса этих почв.

Сидераты способствовали накоплению в пахотном слое от 60 до 80 кг/га азота и создавали его положительный баланс (+50...70 кг/га) (таблица). Запасы азота в сидеральных парах в 5–7 раз превышали чистый пар. Баланс фосфора был отрицательным, его дефицит в почве составил от 50 до 80 кг/га. Положительный баланс калия обеспечивал только сидеральный пар с фацелией (+84 кг/га) и чистый пар (+36 кг/га), в остальных парах его дефицит в почве составил от 30 до 80 кг/га.

Таблица 1

Баланс элементов питания в чернозёме выщелоченном при сидерации, учхоз «Тулинское»

Вариант	Вынос, кг	Урожайность, ц/га	Внесено в почву с сидератами, кг/га	Исходное содержание в почве, кг/га	Осталось в почве, кг/га	Баланс (+ -), кг/га
N						
Пар чистый	-	-	-	12,6	22,6	+10,0
Горох + овёс	0,45	156,0	71	2,8	17,8	+56,0
Фацелия	0,55	140,2	78	3,2	13,8	+67,4
Рапс + горчица	0,44	146,5	65	3,0	18,4	+49,6
P₂O₅						
Пар чистый	-	-	-	186	302	+116
Горох + овёс	0,09	156,0	15	181	242	- 46
Фацелия	0,09	140,2	12	158	233	- 63
Рапс + горчица	0,08	146,5	12	189	278	-77
K₂O						
Пар чистый	-	-	-	271	307	+36
Горох + овёс	0,57	156,0	89	190	313	- 34
Фацелия	1,01	140,2	142	243	301	+84
Рапс + горчица	0,39	146,5	57	190	331	- 84

Таким образом, использование сидеральных паров с горохоовсяной смесью для поддержания плодородия чернозёмов выщелоченных в зерновых агроценозах требует дополнительного внесения 50 кг/га фосфора и 30 кг/га калия, а сидеральных паров с фацелией – 60 кг/га фосфора.

Высокая и достоверная прибавка урожайности пшеницы на чернозёме с. Боровое получена по сидеральному пару с горохоовсяной смесью – 4,8–5,7 ц/га (23 % к чистому пару). На чернозёме учхоза, имеющем более высокое естественное плодородие, наибольшая прибавка зерна пшеницы по-

лучена по сидеральному пару с фацелией и смесью рапс+горчица – 25 и 17% к чистому пару соответственно.

Следовательно, наибольшая урожайность яровой пшеницы на обоих чернозёмах получена по сидеральному пару с фацелией, где прибавка к чистому пару составила 46 и 25% при средней урожайности 32,2 и 25,4 ц/га соответственно.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Зелёная масса сидератов накапливает от 60 до 140 кг/га обменного калия. Больше всего его содержит зелёная масса фацелии, запашка которой в почву создаёт положительный баланс калия в почве. В остальных сидеральных парах его дефицит составляет от 30 до 80 кг/га. Больше всего обменного калия в пахотном слое чернозёмов накапливается в сидеральных парах с фацелией и горохоовсяной смесью – 142 и 89 кг/га соответственно.

2. Сидераты накапливают в зелёной массе до 70–80 кг/га азота и при запашке их в почву создают его положительный баланс. Наибольшее количество азота формируется в сидеральном пару с фацелией.

3. Баланс фосфора во всех сидеральных парах отрицательный, его дефицит в почве составил от 50 до 80 кг/га.

4. Наибольшая урожайность пшеницы получена по сидеральному пару с фацелией – 25–32 ц/га, её прибавка к чистому пару составила 25–46%.

5. На чернозёмах выщелоченных независимо от длительности их использования в пашне и агроценоза для поддержания их эффективного плодородия и получения высоких и устойчивых урожаев яровой пшеницы в качестве сидератов можно рекомендовать использовать горохоовсяную смесь и фацелию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ониани О. Г.* Агрохимия калия. – М.: Наука, 1981. – 200 с.
2. *Минеев В. Г.* Агрохимические и экологические функции калия. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 332 с.
3. *Якименко В. Н.* Калий в агроценозах Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 231 с.
4. *Прокошев В. И., Дерюгин И. П.* О методах определения доступных форм калия в почве // Плодородие. – 2005. – № 5. – С. 15–19.
5. *Якименко В. Н.* Эффективность уровня калийного питания картофеля // Плодородие. – 2005. – № 5. – С. 11–13.
6. *Державин Л. М.* Интегрированное применение агрохимических средств в зерновом хозяйстве // Агрохимия. – 2007. – № 12. – С. 3–17.
7. *Пивоварова Е. Г.* Влияние калийных удобрений на содержание форм калия в почве и урожайность сельскохозяйственных культур // Агрохимия. – 1993. – № 2. – С. 44–49.
8. *Носко Б. С.* Изменение калийного фонда чернозёмов при распахке многолетней залежи // Почвоведение. – 1999. – № 12. – С. 1474–1480.
9. *Никитишин В. И., Дмитракова Л. К., Личко В. И.* Роль почвы и удобрения в обеспечении калийного питания культур севооборота // Агрохимия. – 2000. – № 12. – С. 30–35.
10. *Середа Н. А., Баязитова М. В.* Тенденции изменения плодородия чернозёмов Южного Урала при различных системах удобрений // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 11. – С. 36–39.
11. *Авдонин Н. С.* Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции. – М.: Колос, 1979. – 302 с.
12. *Забавская К. М., Пименов Е. А.* Влияние доз калийных удобрений на урожай и качество культур // Агрохимия. – 1980. – № 10. – С. 152–164.
13. *Галеева Л. П.* Физико-химические свойства и фосфатный режим чернозёмов выщелоченных Приобья при внесении сидератов // Агрохимия. – 2009. – № 5. – С. 22–28.
14. *Галеева Л. П.* Динамика обменного калия в чернозёмах выщелоченных при разных способах внесения удобрений // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. ст. // XI Междунар. науч.-практ. конф., 4–5 февр. 2016 г. – Барнаул, 2016. – Кн. 2. – С. 63–64.

15. Завалин А. А. Биологический азот в земледелии России // Ресурсосберегающее земледелие на рубеже XXI века: сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. – М., 2009. – С. 87–91.
16. Воспроизводство плодородия чернозёмов в севообороте / А. В. Дедов, Н. И. Придворев, В. В. Верзилин, Л. П. Кузнецова // Земледелие. – 2003. – № 4. – С. 5–9.
17. Управление плодородием почв: агроэкосистемный подход / Б. М. Миркин, Ф. Х. Хазиев, Я. Т. Суюндуков, Р. М. Хазиахметов // Почвоведение. – 2002. – № 2. – С. 228–234.
18. Чупрова В. В. Биологический круговорот углерода и азота в агроэкосистемах Средней Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1994. – 35 с.

REFERENCES

1. Oniani O. G. Agrochemistry of potassium. – M.: Science, 1981. – 200 p.
2. Mineev V. G. Agrochemical and environmental functions of potassium. – M.: MGU Publishing House, 1999. – 332 p.
3. Yakimenko V. N. Potassium in agrocenoses of Western Siberia. – Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2003. – 231 p.
4. Prokoshev V. I., I. P. Deryugin. On the methods for determining the available forms of potassium in the soil // Fertility. – 2005. – № 5. – p. 15–19.
5. Yakimenko V. N. Efficiency level of potash nutrition of potatoes // Fertility. – 2005. – № 5. – p. 11–13.
6. Derzhavin L. M. Integrated use of agrochemicals in grain farming // Agrochemistry. – 2007. – № 12. – p. 3–17.
7. Pivovarova E. G. Influence of potash fertilizers on the content of potassium forms in the soil and crop yields // Agrochemistry. 1993. – № 2. – p. 44–49.
8. Nosko B. S. Change in the chernozem potash fund when plowing a perennial deposit // Soil science. – 1999. – № 12. – C. 1474–1480.
9. Nikitishen V. I., Dmitrakova L. K., Lichko V. I. The role of soil and fertilizers in ensuring the potash nutrition of crop rotation // Agrochemistry. – 2000. – № 12. – p. 30–35.
10. Sereda N. A., Bayazitova M. V. Trends in the fertility of the chernozems of the Southern Urals with various fertilizer systems // Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. – 2009. – № 11. – p. 36–39.
11. Avdonin N. S. Soils, fertilizers and quality of crop products. – M.: Kolos, 1979. – 302 p.
12. Zabavskaya K. M., Pimenov E. A. The effect of doses of potash fertilizers on the yield and quality of crops // Agrochemistry. – 1980. – № 10. – p. 152–164.
13. Galeeva L. P. Physico-chemical properties and phosphate regime of leached chernozem Priobye when introducing green manure // Agrochemistry. – 2009. – № 5. – p. 22–28.
14. Galeeva L. P. The dynamics of exchangeable potassium in leached chernozem using different methods of fertilizer application // Agrarian science to agriculture: Sat. Art. // XI Intern. scientific practical conf., 4–5 Feb. 2016 – Barnaul, 2016. – Vol. 2. – p. 63–64.
15. Zavalin A. A. Biological nitrogen in agriculture of Russia // Resource-saving agriculture at the turn of the XXI century: Coll. Materials III International. scientific-practical conf. – M., 2009. – P. 87–91.
16. Reproduction of fertility of chernozem in crop rotation / A. V. Dedov, N. I. Pridvorev, V. V. Verzin, L. P. Kuznetsova // Agriculture. – 2003. – № 4. – p. 5–9.
17. Soil fertility management: an agro-ecosystem approach / B. M. Mirkin, F. Kh. Khaziev, Ya. T. Suyundukov, R. M. Khaziakhmetov // Soil Science. – 2002. – № 2. – p. 228–234.
18. Chuprova V. V. Biological circulation of carbon and nitrogen in agroecosystems of Central Siberia: author. dis. ... Dr. Biol. sciences. – Novosibirsk, 1994. – 35 p.