

Связь между показателями качества муки у сортов яровой пшеницы

Коррелирующий показатель	Величина коэффициента корреляции				
	Тулунская 12	Краса 2	Красноярия	Закат	Радуга
Выход муки:					
стекловидность	0,442	0,621	0,370	0,585	0,597
масса 1000 зерен	-0,263	-0,017	0,368	0,499	0,203
Упругость/растяжимость:					
белок	0,276	-0,487	-0,112	0,278	0,085
стекловидность	0,640	-0,438	-0,640	0,585	-0,445
Сила муки:					
белок	0,422	-0,015	-0,112	0,480	0,220
стекловидность	-0,049	-0,438	-0,640	0,141	0,189
натура	-0,640	-0,403	-0,250	-0,465	0,493
объем хлеба	-0,030	0,545	0,333	0,706	0,225
ВПС:					
белок	0,068	0,314	-0,102	0,078	0,143
стекловидность	0,300	-0,599	-0,500	0,051	-0,627

Таблица 5

Коррелирующий показатель	Величина коэффициента корреляции				
	Тулунская 12	Краса 2	Красноярия	Закат	Радуга
Время до начала разжиж.: ВПС	0,574	0,576	0,425	0,513	0,588
разжижение	-0,609	-0,583	-0,870	-0,850	-0,392
валориметр	0,951	0,974	0,986	0,988	0,377
Разжижение: ВПС	-0,745	-0,723	-0,653	-0,643	-0,209
валориметр	-0,787	-0,727	-0,927	-0,912	-0,563
Валориметр: ВПС	0,722	0,659	0,496	0,595	0,020
объем хлеба	0,284	0,479	0,498	0,703	0,098
Урожайность:					
объем хлеба	-0,613	-0,156	-0,391	-0,325	-0,404
сила муки	-0,091	0,073	-0,629	-0,652	-0,278
белок	-0,114	-0,074	-0,382	-0,173	-0,416

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина В.И. Селекционная ценность отборной яровой мягкой пшеницы сибирского генофонда по результатам экологического сортоиспытания: Дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1986. – 268 с.
2. Ведров Н.Г. Селекция и семеноводство полевых культур. – Красноярск, 2000. – 256 с.
3. Яровая пшеница в Восточной Сибири / Под. ред. проф. Н.Г. Ведрова. – Красноярск, 1998. – 312 с.



УДК 631.4

ЗАПАСЫ И ПОТОКИ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ЭКОСИСТЕМЕ ЗЕРНОТРАВЯНОГО ЗВЕНА СЕВООБОРОТА

В.В. Чупрова

Активная хозяйственная деятельность человека в XX веке привела к исчезновению значительной части природных экосистем на юге Средней Сибири, в пределах Красноярского края. Глубокая трансформация

их обусловлена прежде всего развитием земледелия. После распашки земель на месте многовидовых фитоценозов разместились агрофитоценозы, состоящие из одной культуры с коротким периодом вегетации.

Обеднение агроэкосистем биологическими видами ведет к разбалансированности многих экологических процессов, что заставляет компенсировать эту “экологическую бедность” введением севооборотов. Однако функционирование агроэкосистем в разных типах севооборотов складывается по-особому. Общим для них является отчуждение значительной части продукции с урожаем и вынос ее за пределы экосистемы. Различия проявляются в неодинаковом количестве растительных остатков, поступающих в почву и поддерживающих ее гумусовый баланс. Введение многолетних трав в структуру севооборота и последующая их распашка приводит к увеличению в почве растительных остатков, обеспечивающих существенное повышение плодородия и продуктивности почв за счет усиления направленного обмена веществ и энергии в системе почва - растение.

Данное сообщение касается результатов исследования запасов и интенсивностей обменных процессов (потоков) углерода и азота, характеризующих биологический круговорот в экосистеме зернотравяного звена севооборота.

Объекты и методы исследований

Многолетний опыт проведен на полевом стационаре “Миндерлинское” в Красноярской лесостепи, расположенной в пределах Чулымо-Енисейского денудационного плато юго-западной окраины Средней Сибири. На этой территории выпадает 350-450 мм осадков в год. Среднегодовая температура воздуха - ниже 0°C (до -2°C). Безморозный период длится 90 - 115 дней. Общая сумма тепла за вегетационный сезон составляет 1550-1800°C. В почвенном покрове преобладают черноземы выщелоченные тяжелосуглистые.

Полевой опыт включал 3 поля зернотравяного звена севооборота с чередованием культур: люцерна - пшеница - овес. Подъем пласта люцерны провели в третьей декаде июля. Удобрения не применяли. Интенсивность обменных процессов и баланс углерода и азота оценивали по сезонной динамике запасов различных фракций растительного вещества и по содержанию в них углерода и азота, а также по динамике запасов минерального ($N-NH_4 + N-NO_3$) и легкогидролизуемого ($1,0 \text{ г NaOH}$) азота в почве, количеству $C_{орг}$ и $N_{общ}$ в почве на начало и конец ротации севооборота. Определение вели в соответствии с граф-схемой круговорота углерода и азота в агроценозе и системой балансовых уравнений. Методика этих исследований описана нами детально ранее [7, 8].

Результаты и обсуждение

Перед подъемом пласта люцерны в пахотном слое выщелоченного чернозема содержалось 394 г м⁻² мортмассы. Запас фитомассы к этому времени достигал 1354 г м⁻², 44% которого вывезли с поля с урожаем сена. Остальную фитомассу запахали в почву (табл.1). В ее составе преобладали корни - 86%. Доля надзем-

ных остатков, состоящих из стерни, опавших листьев, стеблей и других органов растений, была небольшой. Вместе с поступившими растительными остатками запасы подземной мортмассы в распаханном люцерновом поле составили 1151 г м⁻². Высокое содержание азота и узкое отношение C : N в растительных остатках люцерны - важная особенность зернотравяного звена севооборота. Запасы азота в них равнялись 20 г м⁻² (против 5-6 г м⁻² в растительных остатках пшеницы, например), что обусловило равномерный характер и высокую скорость процессов разложения. Общие потери мортмассы после подъема пласта люцерны до следующего года (246 дней) достигли 622 г м⁻², из них на летний период пришлось 49%. Процессы разложения - минерализации в распаханном люцерновом поле сопровождались преимущественным накоплением в почве азота обменного аммония. Дальнейшее его окисление до нитратных форм было отмечено только в агроценозах пшеницы и овса, следовавших первой и второй культурами по пласту люцерны.

Величина продукции является одним из наиболее важных показателей функционирования агроэкосистем. За 3 года ротации зернотравяного звена севооборота было создано 3240 г м⁻² продукции, или в среднем 1080 г м⁻² год⁻¹. Межгодовая изменчивость продукции обычно довольно велика. По обобщенным данным [1], значения продуктивности в различных агроэкосистемах колеблются в диапазоне 400-2000 г м⁻² год⁻¹. Продукция агроценозов лесостепной зоны Западной Сибири [4, 5] лежит в пределах 765-1121, степной зоны Казахстана - 1030-1150 г м⁻² год⁻¹, в степной зоне левобережья Иртыша - 890 г м⁻² год⁻¹ [3].

Продукция в надземной сфере изученного нами севооборота составила 63% от полной. С урожаем было отчуждено 1639 г м⁻² за 3 года, в т.ч. с зерном пшеницы и овса - 538 г м⁻².

Разложение растительного вещества в этом севообороте достигло 1398 г м⁻² за 3 года, из них 44% - за период пласта люцерны. В летние периоды было разложено 63%, в осенне-зимне-весенние - 37% мортмассы. На 1 г зерна было продуцировано 6 г, а разложено 2,6 г растительных остатков. Выход зерна на единицу продукции оказался значительно выше, а минерализовано мортмассы на единицу зерна почти в 3 раза меньше, чем в зернопаропропашном севообороте, распространенном в нашем регионе [9]. Сложившийся положительный баланс в растительной подсистеме зернотравяного звена севооборота обусловлен увеличением запаса мортмассы за счет запашки пожнивно-корневых остатков люцерны в период подъема пласта. Отношение: разложение – поступление было равно 0,87.

Количественные оценки углеродного баланса в изученном звене севооборота показаны в таблице 2. Как видим, с растительными остатками люцерны поступило в почву около 300 г C м⁻², что практически эквивалентно величине углерода с навозом [8]. Время релаксации углерода (соотношение углерода фито-

массы и чистой первичной продукции) - важнейшего показателя для уточнения представлений о круговороте углерода в экосистеме и моделирования углеродного цикла - равно в среднем одному году.

Выход углерода из разлагающейся мортмассы был меньше, чем с отчуждаемым урожаем. Флюктуации высвобождения углерода из растительных остатков полностью совпадали с ритмикой их разложения. Закономерности в динамике обменных процессов углерода проявились в следующем:

- чем больше величина поступления углерода, тем выше интенсивность его освобождения в процессах разложения;
- чем уже отношение C: N в мортмассе, тем выше удельная скорость высвобождения из нее углерода;
- интенсивность освобождения углерода из растительного вещества распаханного люцернового поля значительно превышает скорость высвобождения из них в полях пшеницы и овса.

Приведенные оценки освобождения углерода из разлагающихся органических остатков относятся к суммарному процессу разложения. Трансформация же растительных материалов включает в себя процессы минерализации и гумификации. На конец ротации севооборота мы обнаружили увеличение содержания гумуса в выщелоченном черноземе, которое могло произойти только за счет разложения люцерновых остатков (см табл. 2). Тогда в этом процессе можно выделить и количественно описать два потока углеродного цикла: гумификацию и минерализацию. По методу минимальной оценки [2], принимаем, что прирост гумуса (по углероду) соответствует интенсивности гумификации. Разница между интенсивностью высвобождения углерода при разложении растительного вещества и интенсивностью гумификации равна интенсивности потока минерализации. Основное влияние пожнивно-корневых остатков люцерны на процессы гумификации сводится к тому, что содержащиеся в них сравнительно простые, но обогащенные азотом соединения быстро выводятся из пула легкоразлагаемого органического вещества и переходят в другие компоненты почвенной органики. Этот переход сопровождается достройкой гумусовых молекул алифатическими боковыми цепочками или "фрагментарным обновлением", в результате чего [6] количественное увеличение гумуса происходит за счет углеродсодержащих соединений лабильной группы.

Полученные нами оценки гумификации в пахотной почве с большим запасом растительных остатков равны $123 \text{ г м}^{-2} \text{ год}^{-1}$. Они имеют исключительно важное значение, поскольку этот трансформационный поток углерода является единственной положительной статьей гумусового баланса почв как в региональном, так и глобальном масштабе.

Запас азота в фонде "растительное вещество" формируется за счет процессов потребления элемента из почвы растениями, иммобилизации его из

почвы микроорганизмами, выноса с урожаем и освобождения из разлагающейся мортмассы. Цикл азота в системе почва - растение включает еще потоки трансформации почвенных азотсодержащих органических и минеральных соединений. Доминирование тех или иных процессов определяет знак баланса.

Агрофитоценозами пшеницы и овса в зерно-травяном звене севооборота было поглощено 26 г N м^{-2} за 2 года (табл. 3). Основная доля элемента потреблялась культурами в период формирования фотосинтетического аппарата. После цветения потребление азота снизилось и наблюдался преимущественный отток азота из корней в надземные органы. Азот максимально концентрировался в зерне. Суммарное поглощение азота надземной фитомассой пшеницы и овса равнялось выносу его с сеном люцерны накануне подъема пласта.

Процессы трансформации поступивших в почву растительных остатков способствовали накоплению запасов азота в мортмассе (табл. 4). За ротацию звена они составили 25 г N м^{-2} , из них 14 г N м^{-2} - в люцерновом поле. В агроценозах зерновых культур поступление азота в мортмассу происходило в течение всего вегетационного сезона: летом - с отмершими надземными органами растений и отмершими корнями, после уборки - с пожнивными и корневыми остатками.

В процессах минерализации мортмассы протекало освобождение азота и возврат его в почву. Темпы возврата, как правило, соответствовали ритму разложения. Усиление процессов минерализации мортмассы сопровождалось повышением интенсивности освобождения из нее азота и возвращения в почву. Наиболее интенсивно шло высвобождение азота из легко-разлагаемых растительных остатков люцерны в первом поле севооборотного звена.

Иммобилизация азота приводила к увеличению концентрации азота в разлагающихся растительных остатках, что не противоречит опубликованным данным [5, 10, 11]. Интенсивность этого процесса в среднем за год севооборота небольшая и равна $1,5 \text{ г м}^{-2}$. Это в 2,5 раза меньше, чем в зернопаропропашном севообороте, распространенном на сельскохозяйственной территории Красноярского края [9]. Отметим, что максимальная величина иммобилизации была обнаружена в первый период взаимодействия между почвой и свежим органическим веществом, т.е. сразу же после распашки люцернового поля.

Интенсивность процессов, формирующих запас азота в растительном фонде распаханного люцернового поля, хотя и была переменной в отдельные сроки определения, оказалась практически сбалансированной в целом за весь 246-дневный период пласта. В последующие 2 года в полях пшеницы и овса интенсивность процессов поступления и иммобилизации азота выше, чем интенсивность процессов возврата азота из растительного фонда в почвенный. Это обусловило положительный баланс азота в подсистеме "растительное вещество" не только в этих полях, но и

в целом за ротацию звена. Запас азота в растительном фонде вырос на $2,3 \text{ г м}^{-2}$ за 3 года.

Параллельно возврату азота из люцерновых остатков наблюдались процессы закрепления азота в легкоподвижных органических соединениях почвы, достигшие высокой интенсивности (табл. 5). Освобождение азота из фонда N_l (лабильных, быстротрансформируемых соединений, гидролизуемых $1,0 \text{ г NaOH}$ по Корнфилду) в поле поднятого пласта люцерны не обнаружено, хотя запасы минерального азота (фонд N_m , равный $N-NH_4 + N-NO_3$) в почве возросли. В агроценозах пшеницы и овса зафиксировано уменьшение запасов минерального азота, обусловленное поглощением его растениями и закреплением в органических соединениях почвы. Переход $N_l \rightarrow N_m$ составил $15,3 \text{ г м}^{-2}$ в агроценозе пшеницы и $10,9 \text{ г м}^{-2}$ в агроценозе овса. Обратный переход $N_m \rightarrow N_l$ равен $13,8$ и $1,9$ соответственно. Следовательно, образование минерального азота за счет минерализации лабильных соединений почвы не превышало $1,5 \text{ г м}^{-2}$ в агроценозе первой культуры по пласту люцерны и 9 г м^{-2} в агроценозе второй культуры. Это практически весь азот, закрепленный в лабильном фонде поля предшественника. Поэтому за полную ротацию звена севооборота потоки $N_l \rightarrow N_m$ и $N_m \rightarrow N_l$ уравновешены. Снижение запасов азота в лабильном фонде обусловлено переходом его в гумусный фонд по потоку $N_l \rightarrow N_g$. Как было показано выше, в почве, обогащенной легкоразлагаемыми люцерновыми остатками, удельные скорости минерализации почвенных органических соединений не выше, чем удельные скорости гумификации растительных остатков. Новообразованные фракции гумусовых веществ компенсировали не только выход азота из лабильных органических соединений, но и способствовали повышению запасов его в гумусном фонде.

Потребление азота агроценозами пшеницы и овса оказалось выше, чем расход его из почвенного фонда и сопоставимо с поступлением из разлагающихся растительных остатков, в т.ч. и люцерновых. Балансовые расчеты показали, что из известных нам источников азота каждый грамм азота, отчуждаемый с урожаем из зернотравяного звена, был обеспечен за счет минерализации растительных остатков на $1,9 \text{ г}$, минерализации легкоподвижных почвенных органических соединений - на $0,7 \text{ г}$.

Таким образом, в зернотравяном звене севооборота траты легкогидролизуемого азота на образо-

вание минерального были полностью компенсированы процессами его закрепления. Запашка в почву богатых азотом корней и надземных органов люцерны при подъеме пласта позволяет уравновесить запас легкотрансформируемых соединений азота и способствует повышению запасов устойчивых к биодegradации веществ в составе гумусного фонда. Введение пласта люцерны в систему землепользования — мера поддержания устойчивого круговорота углерода и азота в агроэкосистемах.

Выводы

1. Величина продукции в зернотравяном звене севооборота достигает $1100 \text{ г м}^{-2} \text{ год}^{-1}$. Продукция в надземной сфере агроценозов преобладает над продукцией в подземной. При распашке двухлетнего люцернового поля в почву поступает 760 г м^{-2} растительных остатков, а в их составе 300 г С м^{-2} и 20 г N м^{-2} .

2. Высокая скорость разложения люцерновых остатков приводит к потере 82% их массы за период после подъема пласта люцерны до весны следующего года, из них летом - 49% , с осени до весны - 33% . Интенсивность освобождения углерода из растительного вещества люцернового поля значительно превышает скорость освобождения из них в полях пшеницы и овса, следовавших первой и второй культурами по пласту. В среднем по звену она составляет 185 г С м^{-2} , из которых 123 г С м^{-2} включается в процесс гумификации. Это приводит к накоплению гумуса в почве и формирует положительный баланс системы почва - растительное вещество.

3. Основная доля азота поглощается культурными растениями в зернотравяном севооборотном звене до цветения. Поступление азота в почву связано с интенсивностью деструкции растительного вещества. Летом оно идет с отмершими корнями и надземными органами растений, после уборки - с пожнивными и корневыми остатками. Оценка интенсивности возврата азота в почву при минерализации мортмассы достигает 27 г м^{-2} за ротацию севооборотного звена, в т.ч. 19 г м^{-2} - за период пласта люцерны. Наибольший вклад в образование почвенного азота вносят разлагающиеся растительные остатки. Новообразованные гумусовые вещества компенсируют выход азота из лабильных органических соединений и способствуют повышению запасов его в гумусном фонде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. - 248 с.
2. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах / Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова, В.В. Смирнов и др. - М.: Мысль, 1978. - 182 с.
3. Перминова О.В. Запасы растительного вещества в посевах однолетних трав // Почвенные условия и эффективность применения удобрений в Западной Сибири. - Омск, 1988. С. 75-82.

4. Титлянова А.А., Тихомирова Н.А., Шатохина Н.Г. Продукционный процесс в агроценозах. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. – 184 с.
5. Титлянова А.А., Кирюшин В.И., Охинько И.А. и др. Агроценозы степной зоны. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. – 246 с.
6. Фокин А.Д. Участие различных соединений растительных остатков в формировании и обновлении гумусовых веществ почвы // Проблемы почвоведения. - М., 1978. - С. 60-65.
7. Чупрова В.В. Влияние сидератов на интенсивность продукционно-деструкционных процессов в агроэкосистемах Средней Сибири // Агрохимия. - 1995. - №11. - С. 31-41.
8. Чупрова В.В. Отклик агроэкосистем на изменение параметров круговорота азота под влиянием зеленых удобрений // Агрохимия. - 1996. - №6. - С. 27-35.
9. Чупрова В.В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири. - Красноярск: Краснояр. гос. ун-т, 1997. - 166 с.
10. Knapp E.V. , Elliot L.F., Campbell G.S. Carbon, nitrogen and microbial biomass interselation-ships during the decomposition of wheat straw: a mehanistic simulation model // Soil Biol. and Biochem. - 1983. - 15 (4). - P. 455-461.
11. Cochran V.L. Decomposition of barley straw in a subarctic soil in the field // Biol. and Fert. Soils. - 1991. – 10 (4). – P. 227-232.