

АГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ АЗОТА В ПОЧВАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

AGROGENIC TRANSFORMATION OF NITROGEN IN SOILS OF NORTHERN KAZAKHSTAN

Ключевые слова: почва, гумус, валовый, нитратный, аммонийный и легкогидролизующий азот, горизонт, плодородие почв, севооборот.

Мониторинг количественного и качественного учета азотного фонда при длительном сельскохозяйственном использовании пашни проводится как для понимания процессов происходящих в почве, так и для разработки практических мероприятий, направленных на оптимизацию азотного режима. Объектами исследования служили основные зональные почвы Северного Казахстана: черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы. Для сравнительной оценки изменений азота во времени были заложены стационарные и полустационарные экологические площадки. Общий азот в почвах определяли по Кьельдалю, гумус – по Тюрину, легкогидролизующий азот – по Тюрину и Коновой, фракционный состав азота – по Воробьеву. В условиях Северного Казахстана на долю азота приходится примерно 5%, или 1/20 часть гумуса. Содержание негидролизующего и трудногидролизующего азота составляет 80-96% от валового. На долю легкогидролизующих форм азота приходится менее 10%, на долю минеральных – всего около 1-2%. В настоящее время потребность растений в азоте удовлетворяется главным образом за счет почвенных запасов. По истечении 60 лет освоения целинных и залежных земель обстановка в отношении азотного режима почв значительно изменилась в отрицательную сторону. Повсеместно отмечается снижение содержания в почве гумуса, валового азота и минеральных его форм. Каждый второй гектар пашни нуждается в повышении содержания азота до среднего и высокого уровня. Соотношение C:N в основных пахотных почвах остается относительно стабильным, за исключением каштановых супесчаных почв. Интенсивность нитратонакопления существенно выше в пахотных почвах, чем в целинных аналогах. Использование в качестве монокультуры пшеницы в течение ряда лет существенно снижает запасы валового и подвижного азота. Для поддержания азотного режима и повышения урожайности зерновых культур необходимо вне-

сение минеральных и органических удобрений, а также введение в севооборот бобовых культур.

Keywords: soil, humus, total nitrogen, nitrate nitrogen, ammoniac nitrogen, readily hydrolysable nitrogen, horizon, soil fertility, crop rotation.

The quantitative and qualitative monitoring of available nitrogen when the land is used for agricultural purpose for a long time is essential to understand the processes occurring in the soil and to develop practical measures to optimize the nitrogen status. The main zonal soils of the Northern Kazakhstan were investigated: chernozems, dark chestnut soils and chestnut soils. Permanent and semi-permanent plots were used to compare temporal changes of nitrogen. The total soil nitrogen was determined by the Kjeldahl method, humus content by the Tyurin method, readily hydrolysable nitrogen by the Tyurin and Konova method, and the fractional nitrogen composition by the Vorobyev method. In the Northern Kazakhstan, nitrogen makes about 5% per fraction, or 1/20 part of humus. The content of non-hydrolysable and low-hydrolysable nitrogen makes 80-96% of the total nitrogen. Readily hydrolysable nitrogen forms make less than 10%. Mineral forms make 1-2% only. At present the nitrogen requirements of plants are met by the soil reserves mainly. At the end of the 60-year period of the virgin and fallow lands development the soil nitrogen situation has changed for the worse. The decrease in humus content, total nitrogen and nitrogen mineral forms is observed everywhere. Nitrogen content should be increased to the medium or high level in every second hectare of tilled land. The C:N ratio in the main arable soils remains quite stable, except for chestnut sandy loamy soils. The rate of nitrates accumulation is significantly higher in arable soils than in their virgin compatibles. The cultivation of wheat as continuous crop for a number of years has significantly decreased the total and mobile nitrogen. To maintain the nitrogen status and increase cereal crop yields, mineral and organic fertilizers should be applied; legume crops should be used in crop rotation.

Васильченко Николай Иванович, к.с.-х.н., гл. специалист-почвовед, РГП «НПЦзем», г. Астана, Республика Казахстан. Тел.: (7172) 32-29-36. E-mail: vassilchenko-n@rambler.ru.

Vasilchenko Nikolay Ivanovich, Cand. Agr. Sci., Chief Specialist in Soil Science, RGP "NPTszem" (Research and Production Center of Land Cadaster), Astana, Republic of Kazakhstan. Ph.: (7172) 32-29-36. E-mail: vassilchenko-n@rambler.ru.

В условиях Северного Казахстана преобладание экстенсивного земледелия не позволяет стабилизировать экологическое состояние черноземов и каштановых почв. Ежегодный вынос питательных веществ из почв паш-

ни превышает возврат их с минеральными и органическими удобрениями, что приводит к деградации почв и снижению урожайности зерновых культур. Особую роль в этом играют агрохимические показатели почв и в

частности азотный режим почв. Потребление растениями азота наряду с фосфором остается одной из важнейших проблем.

Азот – важнейший элемент минерального питания растений, обеспеченность которым во многом определяют эффективность и устойчивость функционирования агроэкосистем. Потребность растений в азоте осуществляется в основном за счет почвенных запасов. Содержание и распределение азота в почве зависят от природно-экологических факторов, которые определяют микробиологическую деятельность почв. Степень проявления этих факторов определяется и зависит от основных факторов почвообразования, климата и рельефа местности.

Особенности баланса азота в земледелии обусловлены тем, что азот в процессах синтеза и распада органического вещества участвует в различных формах (окисленные NO_3^- , NO_2^- , NO^- ; восстановленные NH_4^+ , NH_2^+). Незначительная часть азота поступает из атмосферы.

Ежегодно в процессе аммонификации высвобождается до 2% общих запасов органического азота почвы. Ее интенсивность зависит от многих факторов: температурных условий, влажности почвы, количеств и соотношения C:N в органическом веществе, наличия минерального азота в почве, условий аэрации и т.д.

Целью исследования было изучение различий азотного режима агрогенных трансформаций почв лесостепной и степной зон.

Объектами исследования выбраны зональные почвы (черноземы выщелоченные, обыкновенные, южные, темно-каштановые и каштановые почвы). Для этого на стационарных и полустационарных экологических площадках были отобраны почвенные образцы до глубины 100 см.

Общий азот определяли по Кьельдалю, гумус – по Тюрину, легкогидролизующий азот – по Тюрину и Кононовой, фракционный состав азота – по Воробьеву.

Плодородие почв при сельскохозяйственном использовании тесно связано с проблемой поддержания и восстановления в почвах запасов азота в органической форме, так как это единственный способ его накопления. Это связано с тем, что минеральный азот очень подвижный и в почвах создать его запас невозможно. Содержание минерального азота динамичное и меняется даже в течение суток. Чем больше содержание гумуса, тем выше потенциальное плодородие почв. Но для проявления эффективного плодородия необходим минеральный азот в период вегетации растений [1].

В составе органического азота большинства почв преобладает негидролизующая фракция – 60-82%, количество трудногидроли-

зуемого азота составляет 5-12%. На долю легкогидролизующего азота приходится и того меньше [2].

В условиях Северного Казахстана соотношение фракций азота в почвах примерно однозначно. На долю азота приходится примерно 5%, или 1/20 часть гумуса. Содержание негидролизующего и трудногидролизующего азота составляет 80-96% от валового. На долю легкогидролизующих форм азота, представленных простейшими аминокислотами, амидами и минеральными соединениями (NH_4^+ и NO_3^-) приходится менее 10%, на долю минеральных – всего около 1-2%. Но именно этот азот аммония и нитратов является основным источником для растений. Поэтому обеспеченность растений азотом зависит от скорости разложения органического вещества почвы до усвояемых растением соединений.

На доступность фиксированного аммония большое влияние оказывает калий почвы. Установлено, что калий блокирует высвобождение фиксированного аммония из кристаллической решетки глинистых минералов, тем самым резко снижает доступность его растениям и микрофлоре [3].

На основании изложенного можно утверждать, что в почвах Северного Казахстана, для которых характерна высокая насыщенность почвенного поглощающего комплекса калием, при часто повторяющихся острых засухах доступность растениям фиксированного аммония совсем малая, и он не играет существенной роли в питании растений.

Поскольку большая часть азота находится в составе гумусовых веществ, то и содержание валового азота напрямую зависит от содержания гумуса и мощности гумусового горизонта. Валовое содержание азота в почвах Северного Казахстана варьирует в широких пределах: от 0,05 до 0,5% от веса почвы в верхнем гумусовом горизонте. Наименьшее содержание валового азота в профиле почв легкого гранулометрического состава и в верхних горизонтах колебалось от 0,04 до 0,07% от массы почвы.

Наблюдения на стационарных и полустационарных экологических площадках показали, что длительное использование почв в пашне привело к снижению гумуса в исследуемых почвах на 1,3-23,8% и уменьшению валовых форм азота – от 4,0 до 34,7%, что в конечном итоге зависело от соблюдения агротехники, севооборотов и применения удобрений. Почвы, находящиеся в пашне, отличаются снижением аккумуляции валового азота по сравнению с аналогичными почвами целины. Варьирование валового и легкогидролизующего азота в пахотных почвах выше, чем в целинных аналогах. Из данных таблицы следует, что соотношение C:N не зависит от

длительности обработки, снижения гумуса и остается относительно стабильным, за исключением каштановых почв. Увеличение в абсолютных единицах соотношения C:N свидетельствует о снижении обеспеченности гумуса почв азотом. Наибольшее снижение обеспеченности гумуса азотом отмечается в каштановых супесчаных почвах Павлодарской области, где оно увеличилось с 9 до 13 единиц. Обогащенность азотом черноземов, темно-каштановых и каштановых почв, находящихся под пахотными угодьями, в пределах от средней (C:N=8-11) до низкой степени обеспеченности (C:N=8-11). Содержание валового азота в профиле почв соответствует распределению в них гумуса. Вниз по профилю количество его убывает, но не так резко как гумус.

На интенсивность минерализации азотистых органических соединений и динамику легкогидролизуемого и нитратного азота большое влияние, кроме метеоусловий, оказывают и агротехнические факторы, в меньшей мере – минеральные удобрения. Процессы накопления нитратов в пахотных почвах выше, чем в целинных аналогах. Варьирование по содержанию нитратов в пашне более широкое. Наиболее благоприятные условия для процесса нитрификации складываются в

парующемся поле, что обеспечивает значительное накопление азота нитратов. Содержание нитратного азота за период парования может увеличиваться в 2-3 раза, обеспечивая высокий уровень азотного питания первой культуры после пара. В случае же экстремально засушливых условий в период парования поля процесс нитрификации в почве подавляется, и накопление нитратов в пару приостанавливается.

После засухи азотный режим почвы складывается неудовлетворительно уже с первой культуры после пара.

По мере удаления культур от пара содержание азота нитратов в почве снижается в 2-3, а иногда – и в 3-4 раза. Это является общей и важной закономерностью для почв всего региона, определяющим эффектом которого не только азотных, но и фосфорных удобрений и место их внесения в севообороте. Из минеральных форм преобладающей является азот нитратов. Только в отдельные годы с влажной, холодной весной (примерно 1 раз в 5 лет) соотношение между аммонийными и нитратными азотом приближается к 1. Но в такие годы, как правило, содержание и аммонийного и нитратного азота не высокое. Обычно же содержание азота аммония редко превышает 3-4 мг/кг почвы [4].

Таблица

Содержание валового азота и соотношение C:N в почвах Северного Казахстана в слое 0-30 см

Объект (область)	№ площадки	Год заповедия	Гумус, %	N валовый, %	C общий, %	C:N	Год заповедия	Гумус, %	N валовый, %	C общий, %	C:N
Черноземы выщелоченные среднесуглинистые малогумусные среднесуглинистые											
Северо-Казахстанская	25	2007	5,50	0,260	3,18	12	2013	5,24	0,215	3,03	12
Черноземы обыкновенные среднесуглинистые малогумусные легкоглинистые											
Северо-Казахстанская	8	1996	4,68	0,265	2,71	10	2012	4,62	0,250	2,67	11
Черноземы обыкновенные карбонатные среднесуглинистые малогумусные легкоглинистые											
Костанайская	11	2005	4,56	0,266	2,64	10	2013	4,38	0,245	2,53	10
Акмолинская	7	2004	4,13	0,230	2,39	10	2013	3,69	0,220	2,14	10
Черноземы южные карбонатные среднесуглинистые слабогумусированные среднеглинистые											
Костанайская	5	1998	3,57	0,192	2,13	11	2012	2,97	0,156	1,77	11
Черноземы южные карбонатные среднесуглинистые слабогумусированные легкоглинистые											
Северо-Казахстанская	19	2006	3,20	0,173	1,85	11	2012	3,10	0,160	1,79	11
Акмолинская	9	2005	3,41	0,210	1,97	9	2013	2,60	0,170	1,50	9
Черноземы южные карбонатные солончаковые среднесуглинистые слабогумусированные тяжелосуглинистые											
Павлодарская	3	2006	3,56	0,168	2,06	12	2013	3,08	0,160	1,78	11
Темно-каштановые карбонатные среднесуглинистые легкоглинистые почвы											
Акмолинская	13	2001	2,99	0,190	1,62	9	2011	1,94	0,140	1,12	8
Костанайская	1	1994	2,74	0,149	1,59	11	2012	2,60	0,143	1,50	10
Каштановые карбонатные среднесуглинистые легкоглинистые почвы											
Акмолинская	30	2001	2,16	0,160	1,25	8	2007	2,03	0,120	1,17	10
Костанайская	2	1994	2,41	0,135	1,39	10	2013	2,02	0,107	1,17	11
Каштановые среднесуглинистые супесчаные почвы											
Павлодарская	4	1997	1,16	0,072	0,67	9	2012	1,10	0,047	0,64	13

Проведение агрохимического обследования пахотных почв позволяет проследить динамику обеспеченности элементами питания, в том числе легкогидролизруемыми формами азота. Анализ агрохимических свойств Акмолинской области в 70-е годы свидетельствует о том, что более 80% пашни по содержанию легкогидролизуемого азота относилось к средней и высокой степени обеспеченности. Результаты почвенно-агрохимического обследования по Акмолинской области на 01.01.2013 г. свидетельствуют уже о том, что около половины обследованной пашни (47,4%) относится к низкой обеспеченности по содержанию легкогидролизуемого азота – 2180,4 тыс. га. Средняя обеспеченность составляет 1311,5 тыс. га (28,5%), высокая – 1110,6 тыс. га (24,1%). Из полученных данных следует, что для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур почти каждый второй гектар пашни нуждается в повышении содержания азота до среднего и высокого уровня. В связи с этим возникает необходимость во внесении азотных удобрений, которая в этом случае будет экономически оправданной.

Длительное использование пашни под монокультуру пшеницы приводит к значительному снижению как валового, так и легкогидролизуемого азота. Наглядным примером служат аналитические данные на стационарной экологической площадке № 13, расположенной в Воздвиженском сельском округе Целиноградского района Акмолинской области, где с 2001 по 2011 гг. произошло снижение гумуса в верхнем аккумулятивном горизонте с 2,99 до 1,94%, а валового и легкогидролизуемого азота – соответственно, с 0,19 до 0,14% и с 6,37 до 4,5 мг на 100 г почвы.

Количество легкогидролизуемого азота сильно варьирует в различных почвах и зависит, как правило, напрямую от содержания гумуса и, соответственно валового азота. Вследствие этого легкогидролизуемого азота больше в высокогумусированных почвах. Содержание легкогидролизуемого азота отражает уровень плодородия почвы и ее потенциальные возможности в обеспечении растений азотом [5].

Характерной особенностью динамики нитратного азота в почве является относительно высокое содержание его весной, затем по мере потребления растениями происходит снижение, в частности в фазу кущения. Потребление азота растениями более интенсив-

но на почвах с повышенным и высоким содержанием подвижного фосфора по сравнению с контролем.

Мониторинговые исследования содержания подвижного азота в черноземах и каштановых почвах Северного Казахстана выявили, что в почвах, используемых под пар и посевы бобовых (люцерны, эспарцета), выше, чем в почвах, занятых пшеницей и ячменем.

Эффективность азотных удобрений на почвах Северного Казахстана определяется запасами нитратов перед посевом зерновых (или после уборки предшествующей культуры), достаточным фосфорным питанием и благоприятным водным режимом.

Однако низкая обеспеченность почвы нитратами в сочетании с высоким содержанием фосфора и весенними запасами влаги не может гарантировать прибавку урожайности от внесенных фосфорных удобрений, так как на их эффективность могут оказать влияние размеры текущей нитрификации и погодные условия вегетационного периода.

Одним из эффективных факторов регулирования продуктивности растений, а, следовательно, и гумусонакопления является улучшение азотного питания, обеспеченность почв азотом.

Установлено, что действие азотных удобрений определяется целым рядом совокупных факторов, в частности: влагообеспеченностью, обеспеченностью почв фосфором, азотом, технологией внесения и заделки фосфорных удобрений, сроками внесения и формами азотных удобрений. Азотные удобрения способствуют повышению урожайности зерновых культур всегда при содержании азота-нитратов в почве менее 15 мг/кг в слое 0-40 см. Такое содержание возможно уже после 2-й культуры, а после острозасушливых лет парования – даже под первой культурой. Но, как правило, это характерно для третьей и последующих культур. Азотные удобрения могут не дать эффекта только в экстремально засушливые годы, когда выпадает менее 20 мм осадков за сельскохозяйственный год и урожай формируется не более 8 ц, но в этих случаях, а также в случаях неполного использования азотные удобрения оказывают существенное последствие [7].

Почвам Северного Казахстана свойственны небольшая актуальная и азотфиксирующая активность и высокая потенциальная способность к несимбиотической азотфиксации. Ее проявление сдерживается совокупностью не-

благоприятных экологических условий – дефицит влаги, питательных веществ и рядом других факторов. Результаты наших исследований показали, что несимбиотическая азотфиксация, происходящая под злаковыми культурами, не покрывает ежегодно выносимого количества азота из почвы. Вследствие этого под монокультурой пшеницы и других злаковых дефицит азота в почвах растет.

Огромное значение в азотном балансе почв Северного Казахстана имеет биологический азот, накапливаемый бобовыми культурами в симбиозе с клубеньковыми бактериями. Ежегодное количество накапливаемого азота превышает вынос его растением. Так, по нашим данным, за три года выращивания люцерны в почве накапливается 300-400 кг/га азота, и резерв почвенной органики существенно дополняется пожнивными, корневыми массами. Не вызывает сомнений, что на данном этапе развития сельского хозяйства в зерносеющих областях Северного Казахстана определенную площадь должны занимать многолетние бобовые травы для обогащения почв биологическим азотом и органическим веществом. Таким образом, в условиях Северного Казахстана почвенные запасы усвояемого растениями азота не всегда достаточны для формирования максимально возможного в сложившихся условиях урожая, и внесение азотных удобрений обеспечивает значительное повышение урожайности зерновых культур.

Таким образом, наши исследования свидетельствуют о неуклонном, закономерном снижении содержания валового и легкогидролизуемого азота в почвах, что указывает на необходимость разработки мероприятий, направленных на снижение и остановку деградации почв.

Библиографический список

1. Кирюшин В.И., Лебедева И.Н. Изменения запасов гумуса и общего азота // Агроценозы степной зоны. – Новосибирск, 1984. – С. 50-55.
2. Щербakov А.П. Азотсодержащие компоненты черноземов и серых лесных почв, их трансформация и роль в современном почвообразовании: автореф. докт. дис. – М., МГУ, 1978. – 24 с.
3. Смирнов П.М. Превращение азотных удобрений в почве и их использование расте-

ниями: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. – М., 1970. – 42 с.

4. Черненко В.Г., Грицких В.П. Азотный режим темно-каштановых почв и факторы эффективности азотных удобрений // Азот в земледелии Северного Казахстана и диагностика азотного питания с.-х. культур: матер. Регион. науч.-практ. конф. – Целиноград, 1998. – С. 3-5.

5. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 263 с.

6. Чупрова В.В. Азот в черноземах Средней Сибири // Проблемы азота в интенсивном земледелии. – Новосибирск, 1990. – С. 4-10.

7. Черненко В.Г. Особенности питания и удобрения зерновых культур в Северном Казахстане // Плодородие почв Северного Казахстана и эффективность удобрений. – Алма-Ата, 1977. – С. 37-87.

References

1. Kiryushin V.I., Lebedeva I.N. Izmeneniya zapasov gumusa i obshchego azota // Agrotsenozы stepnoi zony. – Novosibirsk, 1984. – S. 50-55.

2. Shcherbakov A.P. Azotsoderzhashchie komponenty chernozemov i serykh lesnykh pochv, ikh transformatsiya i rol' v sovremennom pochvoobrazovanii. – Avtoref. dokt. diss. – M.: MGU, 1978. – 24 s.

3. Smirnov P.M. Prevrashchenie azotnykh udobrenii v pochve i ikh ispol'zovanie rasteniyami: Avtoref. dis. ... dokt.s.-kh. n. – M., 1970. – 42 s.

4. Chernenok V.G., Gritskikh V.P. Azotnyi rezhim temno-kashtanovykh pochv i faktory effektivnosti azotnykh udobrenii // Azot v zemledelii Severnogo Kazakhstana i diagnostika azotnogo pitaniya s.-kh. kul'tur. Region. nauch.-prakt. konf.: Tez. – Tselinograd, 1998. – S. 3-5.

5. Gamzikov G.P. Azot v zemledelii Zapadnoi Sibiri. – M.: Nauka, 1981. – 263 s.

6. Chuprova V.V. Azot v chernozemakh Srednei Sibiri // Problemy azota v intensivnom zemledelii. – Novosibirsk, 1990. – S. 4-10.

7. Chernenok V.G. Osobennosti pitaniya i udobreniya zernovykh kul'tur v Severnom Kazakhstane // Plodorodie pochv Severnogo Kazakhstana i effektivnost' udobrenii. – Alma-Ata, 1977. – S. 37-87.

