

ХИМИЯ И БИОХИМИЯ ПОЧВ

УДК 631.417.2

И. В. АЛЕКСАНДРОВА

**ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ
И АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ**

Результаты вегетационных опытов с водными и песчаными культурами растений позволили выявить ряд положений, касающихся роли гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов в азотном питании растений. Подтверждены выводы об ограниченном использовании растением азота гумусовых веществ и о повышении интенсивности усвоения последнего в присутствии минерального азота. Установлен факт положительного влияния гумусовых веществ на использование азота минеральных удобрений. Показана возможность уменьшения в присутствии малых доз гумусовых веществ отрицательного эффекта высоких доз минеральных удобрений.

Проблема рационального использования растением элементов питания из почв и удобрений особую актуальность приобретает в последние годы в связи с ростом производства и применения минеральных удобрений. С этой проблемой связан вопрос о роли органического вещества в плодородии почв и снабжении растения питательными элементами, в частности азотом. Может показаться на первый взгляд, что в условиях развития производства минеральных удобрений, поставки которых сельскому хозяйству в СССР к 1980 г. намечено довести до 115 млн. т, значение органического вещества почв как источника питания растений будет уменьшаться. Однако есть все основания считать, что органическое вещество сохранит свое значение не только как источник питательных элементов, но и как один из факторов создания оптимальных условий, обеспечивающих наиболее полное усвоение растением минеральных удобрений, в частности азотных.

Подтверждением этому служат данные о том, что при сравнительно низком коэффициенте использования азота минеральных удобрений, не превышающем 40—70%, интенсивность усвоения минерального азота увеличивается на фоне органического вещества [6, 3, 4, 20, 18, 24].

Ряд исследователей показали положительное влияние собственно гумусовых веществ, составляющих основную долю органической части почвы, на интенсивность усвоения растением питательных элементов из почв и удобрений [27, 31, 11, 28, 22, 23, 30]. Заслуживает внимания проведенное сравнительное изучение эффективности минеральных удобрений в почвах с различным содержанием гумуса. Так, Лыжковым [12] получены результаты, свидетельствующие о возможности усвоения растением в почвах, богатых гумусом, высоких доз минеральных удобрений, вызывающих на малогумусных почвах снижение урожаев.

О лучшем использовании элементов питания и в первую очередь азота на фонах, в которые входит органическое вещество (навоз, зеленая растительная масса), получено много данных. В качестве примера приведем работу Борнак и Рауэ [26]. В вегетационных опытах авторы использовали меченный по ^{15}N сульфат аммония, что позволило обособить различные источники усвоенного азота. Общая доза органического

и минерального азота во всех вариантах была равна 0,5 г/сосуд; использование его растением из сульфата аммония в варианте с NPK составляло 58,6%, а в вариантах NPK+навоз и NPK+навоз+зеленая масса клевера соответственно 75,1 и 71,6%.

При этом показано, что положительная роль органических удобрений наиболее четко выявляется в случае применения высоких доз минеральных удобрений, при котором зачастую уменьшается коэффициент их использования и ухудшается качество урожая.

Одной из возможных причин подобного явления служит способность ряда компонентов органического вещества почв и удобрений, обладающих свойствами биостимуляторов, оказывать положительное воздействие на жизненные процессы растительного организма. Изучению этого вопроса посвящена обширная советская и зарубежная литература, достаточно полные обзоры которой приведены в трудах Тюрина [21], Кононовой [7, 8], Христовой [22], Александровой [2].

Важным в проблеме азотного питания растений является положение о возможном влиянии минеральных удобрений на мобилизацию азота, закрепленного в почвах и органических удобрениях в форме труднодоступных соединений. Возможность повышения интенсивности мобилизации азота гумуса при внесении минеральных удобрений показана многими авторами [6, 20, 3, 4, 5, 19]. Приводимые ими данные, полученные в результате вегетационных и полевых опытов на различных почвах, свидетельствуют о различных размерах дополнительной мобилизации почвенного азота; превышение количеств усвояемого растением азота в присутствии минеральных удобрений по сравнению с контролем составляло от 20 до 100% и выше. По данным вегетационных опытов с минеральным удобрением, меченым по ^{15}N [25] и вносимом в дозах 0,5 и 2 г/сосуд, использование растением азота самой почвы составляло соответственно 200 и 350 мг.

О дополнительной мобилизации азота почвенного гумуса при внесении K^{15}NO_3 по сравнению с фоном РК говорят результаты вегетационного опыта с кукурузой на выпаханном мощном черноземе Курского заповедника [10]. Факт значительного повышения использования собственного почвенного азота при внесении азотных удобрений по фону РК отметил в многолетнем полевом опыте ТСХА на дерново-подзолистой почве Лыков [12].

Интересные данные, подтверждающие это положение, получены Рауэ и Зейберлих [16] в полевых опытах с внесением возрастающих доз мочевины, меченой ^{15}N , на почвах с разным содержанием гумуса.

Все вышеизложенное позволяет говорить о взаимодополняющей роли минеральных туков с гумусом почвы и органических удобрений в почвенном плодородии.

Сказанное является обоснованием для совместного внесения минеральных и органических удобрений как одного из приемов повышения интенсивности усвоения растением азота почв и удобрений. Эффективность этого приема находит убедительное подтверждение в сельском хозяйстве.

Мамченков [13, 14] на основании результатов опытов, проведенных на важнейших типах почв СССР и зарубежных стран, показал преимущество сочетания навоза и минеральных удобрений при внесении под разные культуры и в севооборотах. Так, в опытах с картофелем, сахарной свеклой, в которых все варианты были выравнены по содержанию NPK, различия в прибавках урожаев, полученных при совместном и раздельном внесении минеральных и органических удобрений, достигали 30—40%.

О преимуществах внесения минеральных удобрений совместно с органическими свидетельствуют также опыты, проводимые в условиях орошаемого земледелия [17]. При сочетании обеих форм удобрений на-

блюдали повышение урожая хлопка-сырца и увеличение коэффициента использования им азота по сравнению с отдельным внесением.

При изучении нами под руководством М. М. Кононовой биохимии процесса гумусообразования возник ряд вопросов, касающихся роли в питании растений гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов. Мы сделали попытку выяснить значение гумусовых веществ и микробных метаболитов в качестве источника азота для растений, определить влияние минерального азота на усвоение азота гумусовых веществ и установить роль гумусовых веществ как биостимуляторов, влияющих на развитие растений и усвоение ими минерального азота.

Исследования проводили в вегетационных опытах с различными культурами растений. Минеральные удобрения имели метку ^{15}N ; в качестве источника органического азота были взяты гумусоподобные продукты метаболизма гриба *Asp. niger* и естественные продукты гумификации листьев клевера (освобожденные путем диализа от минеральных примесей и водно-растворимых низкомолекулярных органических соединений). Оба препарата представляют собой новообразованные гумусовые вещества, сходные по ряду признаков (элементарный состав, наличие карбоксильных групп, ароматических структур, белковая природа азота, оптические свойства) с почвенными гуминовыми кислотами.

Опытами со стерильной водной культурой кукурузы [1, 29, 2], с песчаными культурами овса и проса [29, 2, 9] было установлено ограниченное использование азота гумусовых веществ; это подтверждает положение, согласно которому основным типом питания растений является усвоение ими питательных элементов в виде минеральных соединений [15].

В наших опытах с достаточной четкостью было выявлено повышение интенсивности использования азота из его органических форм при совместном их внесении с минеральным азотом. Это положение нашло подтверждение в ходе дальнейших исследований, при постановке опытов с разными соотношениями минерального и органического азота. Иллюстрируем его на примере опыта с песчаной культурой овса (сорт Орел), выращиваемого на смеси Бруха. Источник минерального азота — KNO_3 с меткой ^{15}N (атомн. % $^{15}\text{N} = 7,5$); органический азот был внесен в составе новообразованных продуктов гумификации листьев клевера, способы получения и свойства которых описаны нами ранее [2]. Общая доза органического и минерального азота во всех вариантах составляла 300 мг на 4 кг песка, отношения минерального азота к органическому были равны 4 : 1, 2 : 1, 1 : 1. В каждом сосуде выращивали по 10 растений повторности опыта 5-кратная, продолжительность 2,5 месяца (стадия колосения), после чего определяли сухой вес растений и содержание в них азота как общего, так и ^{15}N . Результаты этого опыта и последующих обработаны математически методом однофакторного дисперсионного анализа; наименьшие существенные различия (НСР) даны при уровне значимости 0,05.

Как видно из табл. 1, самые высокие показатели веса растений (40,5 г/сосуд) и количества усвоенного ими азота (69,3% от исходного) наблюдали в варианте с минеральным азотом. При замене половины нитратного азота на азот гумусовых веществ (вариант 4) наблюдается резкое уменьшение веса растительной массы и общего выноса азота растением. При более широких отношениях в среде минерального азота к органическому (варианты 3 и 2) увеличивается вес растительной массы и доля использованного растением азота гумусовых веществ.

Полученные данные, как и результаты ранее проведенных опытов [9, 29], позволяют сделать два вполне определенных вывода: о слабом использовании растением азота гумусовых веществ и о повышении интенсивности усвоения последнего при совместном внесении его с минеральным азотом. В данном опыте не проявилось влияние гумусовых

Таблица 1

Вес растений и вынос ими азота в опыте с песчаной культурой овса

Вариант	Общий вес растений		Вынос азота растением, мг/сосуд			Использовано азота растением					
	г/сосуд	прибавка к контролю	общего	^{15}N	N гумусовых веществ	общего		^{15}N		N гумусовых веществ	
						% от внесенного	прибавка к контролю	% от внесенного	прибавка к контролю		
1. K^{15}NO_3	40,52	—	207,77	207,77	—	69,26	—	69,26	—	—	—
2. K^{15}NO 4:1	35,42	-5,40	193,36	158,47	34,89	64,45	-4,81	66,03	-3,23	58,15	30,16
3. K^{15}NO 2:1	33,50	-7,02	158,59	116,63	41,96	52,87	-16,40	58,31	-10,95	41,96	13,98
4. K^{15}NO 1:1	28,06	-12,46	135,53	93,53	42,0	45,18	-24,09	62,35	-6,91	27,99	—
НСР _{0,05}		2,22				1,56		4,08			7,88

Примечание. Для азота гумусовых веществ (последняя графа таблицы) прибавка рассчитана по отношению к варианту 4 (с наименьшим содержанием в среде минерального азота).

веществ на усвоение растением минерального азота. Эта закономерность была отмечена в опыте с кукурузой, результаты которого приведены ниже.

Растения выращивали в условиях песчаной культуры на смеси Бруха. Азот вносили в трех вариантах: в форме K^{15}NO_3 (атомн. % $^{15}\text{N} = 12,72$), в составе новообразованных гумусовых веществ из листьев клевера и в виде смеси этих двух форм в питательной среде (соотношение 1:1). Общая доза азота в каждом из трех вариантов составляла 175 мг на 2,5 кг песка, повторность 3-кратная, в каждом сосуде 4 растения, продолжительность опыта 6 недель.

Согласно данным табл. 2, наибольший вес растений и общий вынос ими азота, как и в предыдущем опыте, получены в варианте 1, где весь азот внесен в минеральной форме. При полной замене нитратного азота на органический (гумусовых веществ) урожай оказался самым низким, а количество усвоенного при этом азота составило всего 6,94% от внесенного (вариант 3). Данные определения ^{15}N свидетельствуют о явном положительном влиянии азота гумусовых веществ на усвоение минерального азота: в варианте 2, где обе формы содержатся в равных количествах, наблюдается статистически значимое превышение доли использованного нитратного азота в сравнении с вариантом 1.

Один из поставленных вопросов касался влияния гумусовых веществ на растения как биостимуляторов. Вошедшие в нашу прежнюю работу [2] экспериментальные данные показали стимулирующее действие малых доз новообразованных гумусовых веществ из листьев клевера на развитие растений и на использование ими азота.

В настоящем сообщении мы рассматриваем иную сторону многообразного действия гумусовых веществ на растения: возможность уменьшения отрицательного эффекта высоких доз

Таблица 2

Вес растений и вынос ими азота в опыте с песчаной культурой кукурузы

Вариант	Вес растений, г/сосуд	Использовано азота растением					
		общего		¹⁵ N		N гумусовых веществ	
		% от внесенного	разность	% от внесенного	разность	% от внесенного	разность
1. K ¹⁵ NO ₃	1,62	29,4	—	29,4	—	—	—
2. K ¹⁵ NO ₃ + N — гумусовых веществ 1:1	1,55	26,9	-2,5	41,8	+12,4	12,2	—
3. N гумусовых веществ НСР _{0,05}	1,37	6,9	-22,5 3,96	—	— 3,80	6,9	-5,3 5,38

Таблица 3

Влияние гумусовых веществ на корневую систему проса в опыте с водной культурой

Вариант	Длина корней, см	Прибавка, см	К контролю, %
1. NPK — 1 доза	3,17	—	100
2. То же + гумусовые вещества НСР _{0,05}	6,60	3,43 1,20	208,2
3. NPK — 4 дозы	1,23	—	100
4. То же + гумусовые вещества НСР _{0,05}	3,84	2,61 0,21	312,2

минерального азота. Для выяснения этого вопроса нами проведено несколько серий вегетационных опытов с различными растениями в условиях водных и песчаных культур.

Первая серия опытов-миниатюр была поставлена с водными культурами главным образом для учета влияния на корневые системы. Растения выращивали в сосудах емкостью 100 и 200 мл на смеси Гельригеля, содержащей минеральный азот в виде NH₄NO₃ или (NH₄)₂SO₄ в одинарной (17 мг/200 мл), тройной (51 мг/200 мл) и 4-кратной (68 мг/200 мл) дозах. В двух последних случаях для сохранения соотношений между отдельными элементами питания концентрации их в питательной смеси также увеличивали в соответствии с изменением доз азота. Гумусовые вещества (в виде новообразованных продуктов гумификации листьев клевера) вносили из расчета 0,0005% углерода препарата. Количество вносимого при этом азота составляло 0,14 мг/200 мл, т. е. 0,00007%. Контролем служили варианты без гумусовых веществ. Повторность опытов 3-кратная, продолжительность от 11 до 21 дня.

Результаты опытов показали, что при повышенных концентрациях минеральных элементов происходило сильное угнетение растений, которое сказалось в данных условиях на развитии их корневых систем. Добавка гумусовых веществ в малых дозах оказывала положительное влияние на корнеобразование по фонемам одинарной и повышенных доз NPK.

Иллюстрируем это на примере опытов с просом (табл. 3) и кукурузой (табл. 4). В обоих опытах положительное действие гумусовых веществ на развитие корней более четко выразилось по фону повышенных доз минеральных элементов (вариант 4), где в соответствующих контрольных вариантах (вар. 3) растения были сильно угнетены.

Приведенные данные свидетельствуют о явном уменьшении в присутствии малых доз гумусовых веществ отрицательного эффекта высоких доз минеральных удобрений.

Таблица 4

Влияние гумусовых веществ на корневую систему кукурузы в опыте с водной культурой

Вариант	Длина корней, см	Прибавка, см	К контролю, %
1. NPK — 1 доза	9,90	—	100
2. То же + гумусовые вещества НСР _{0,05}	17,43	7,53 1,80	176,0
3. NPK — 3 дозы	3,73	—	100
4. То же + гумусовые вещества НСР _{0,05}	7,13	3,40 1,38	191,1

Таблица 5

Вынос азота растением в опыте с песчаной культурой овса

Вариант	Вес надземной массы, г/сосуд	Вынос азота надземной массой, мг/сосуд	Прибавка азота, мг	К контролю, % *
1. N — 1 доза	9,92	204,07	—	—
2. N — 3 дозы	0,61	29,95	—	100
3. N — 3 дозы + гумусовые вещества (24 мг)	0,81	45,55	15,60	152,09
4. N — 3 дозы + гумусовые вещества (192 мг) НСР _{0,05}	0,70	43,34	13,39 6,11	144,71

* Прибавки рассчитаны по отношению к варианту 2 (тройная доза N без гумусовых веществ), служащему контролем для вариантов 3 и 4.

Нами сделана также попытка выявить, в какой степени положительное влияние гумусовых веществ как стимуляторов окажется на усвоение растением азота в условиях повышенных доз минеральных удобрений. Для этого были проведены вегетационные опыты с песчаными культурами овса и кукурузы.

Опыт 1. Овес выращивали на среде Гельригеля. Азот вносили в форме $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в одинарной и тройной дозах (320 и 960 мг N на 4 кг песка). В качестве гумусовых веществ использовали продукты гумификации листьев клевера в виде отдиализованных золь из расчета содержания сухого вещества препарата 24 и 192 мг/сосуд. В таких количествах они не могли служить источником питания для растений, а действовали лишь как биостимуляторы. Продолжительность опыта 50 дней (стадия колошения), повторность 4-кратная.

По данным сухого веса надземной массы и выноса азота (табл. 5) можно судить о резком отрицательном действии на растение высокой дозы минерального азота (вариант 2). Некоторое ослабление этого действия наблюдается при добавке в среду гумусовых веществ; об этом говорят статистически значимые превышения количества использованного азота (45 и 52%) в вариантах 3 и 4 по сравнению с вариантом 2.

Аналогичные результаты были получены в опыте 2 (табл. 6) с кукурузой на песке со средой Гельригеля. В качестве стимулятора вносили гуминовую кислоту дерново-подзолистой почвы в виде золь из расчета 94 мг сухого вещества на сосуд (на 4 кг песка). В присутствии гуминовой кислоты наблюдали уменьшение резкого отрицательного действия 4-кратной дозы сернокислого аммония, что с достоверностью проявилось в повышении (на 64%) интенсивности использования растением азота (вариант 3).

Таблица 6.

Вынос азота растением в опыте с песчаной культурой кукурузы

Вариант	Вес надземной массы, г/сосуд	Вынос азота надземной массой, мг/сосуд	Прибавка азота, мг	К контролю, %*
1. N — 1 доза	8,3	164,53	—	—
2. N — 4 дозы	0,3	27,03	—	100
3. N — 4 дозы + гуминовая кислота дерново-подзолистой почвы НСР _{0,05}	0,6	44,37	17,34	164,15
			7,44	

* Прибавка рассчитана по отношению к варианту 2.

Из сопоставления данных опытов с водными и песчаными культурами видно, что в присутствии малых доз гумусовых веществ отрицательное действие высоких доз минеральных удобрений на развитие растений и на усвоение ими азота частично снимается.

В целом приведенный экспериментальный материал подтверждает выводы, основанные на результатах ранее проведенных нами исследований, и освещает ряд новых аспектов о роли гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов в азотном питании растений.

Выводы

1. Подтверждено положение об ограниченном использовании растением азота гумусовых веществ и о повышении интенсивности усвоения последнего в присутствии минерального азота.
2. Выявлен факт положительного влияния гумусовых веществ на использование азота минеральных удобрений.
3. Показана возможность уменьшения в присутствии малых доз гумусовых веществ отрицательного эффекта высоких доз минеральных удобрений.

Литература

1. *Александрова И. В.* Микроорганизмы и азотное питание растений. Почвоведение, 1966, № 8.
2. *Александрова И. В.* О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов. В сб.: Органическое вещество целинных и освоенных почв. «Наука», 1972.
3. *Андреева Е. А., Щеглова Г. М.* Использование растениями азота удобрений (по данным опытов, проведенных с изотопом ¹⁵N). Почвоведение, 1964, № 12.
4. *Андреева Е. А., Щеглова Г. М.* Использование растениями азота почвы и азота удобрений. Агрохимия, 1966, № 10.
5. *Войцик-Войтовяк Д.* Влияние Na¹⁵NO₃ и (¹⁵NH₄)₂CO₃ на процесс гумификации соломы в почве, а также на использование азота растениями из гумифицированного материала. В сб. Этюды о гумусе. Междунар. симпоз. «Humus et Planta», IV, Прага, 1967.
6. *Замятина В. Б., Кореньков Д. А., Варюшкина Н. М., Романюк Л. И., Зерцалов В. В.* Применение ¹⁵N при изучении превращения азотных удобрений в почве и использования азота растением. Докл. ВАСХНИЛ, 1963, вып. 2.
7. *Кононова М. М.* Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. Изд. АН СССР, 1951.
8. *Кононова М. М.* Органическое вещество почвы. Изд. АН СССР, 1963.
9. *Кононова М. М., Александрова И. В.* Влияние продуктов гумификации на использование растениями минерального азота. В кн.: Применение стабильного изотопа ¹⁵N в исследованиях по земледелию. «Колос», 1973.
10. *Лаврентьев В. В.* Мобилизация азота гумуса в черноземных почвах Европейской части СССР. В сб.: Органическое вещество целинных и освоенных почв. «Наука», 1972.
11. *Логинов В.* Влияние гуминовых кислот на поглощение азота шпинатом и помидорами. Pamietnik Pulawski-Pracie Jung., Zeszyt. 29, 1967.

12. *Лыков А. М.* Основные итоги исследований по проблеме органического вещества дерново-подзолистой почвы в интенсивном земледелии. Изв. ТСХА, 1976, вып. 2.
13. *Мамченков И. П.* Научные основы использования органических удобрений. М., 1967.
14. *Мамченков И. П., Васильев В. А.* Эффективность сочетания навоза и минеральных удобрений в севооборотах. Агрохимия, 1972, № 5.
15. *Прянишников Д. Н.* Избранные сочинения, т. 1. Сельхозгиз, 1963.
16. *Рауз К., Зейберлих Р.* Роль минеральных азотных удобрений при воспроизводстве органического вещества в зависимости от различных запасов углерода и азота в почве (исследования с применением мочевины, меченной ^{15}N). Почвоведение, 1976, № 9.
17. *Скрябин Ф. А.* Навоз в системе удобрения хлопчатника. Ташкент, 1970.
18. *Смирнов П. М.* Использование растениями, потери и превращение в почве азота разных форм азотных удобрений. Изв. ТСХА, 1968, вып. 6.
19. *Смирнов П. М.* Превращение азотных удобрений в почве и их использование растениями. Автореф. дис., М., 1970.
20. *Турчин Ф. В.* Превращение азотных удобрений в почве и усвоение их растениями. Агрохимия, 1964, № 3.
21. *Тюрин И. В.* Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. Сельхозгиз, 1937.
22. *Христева Л. А.* Роль гуминовой кислоты в питании растений и гуминовые удобрения. Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. 38, 1951.
23. *Христева Л. А.* Об участии гуминовых кислот и других органических веществ в питании высших растений. Почвоведение, 1953, № 10.
24. *Яровенко Г. И.* Физиолого-агрохимические основы повышения эффективности азотных удобрений в хлопководстве. Ташкент, 1969.
25. *Atanasiu N.* Zur Frage der Ausnutzung des Bodenstickstoffs durch die Pflanze. Stickstoff, Aug., 1968, № 12.
26. *Bornhak H., Rauhe K.* The utilization of ^{15}N -labelled mineral fertilizer in a pot experiment in dependence on the content of organic matter in the soil. Albrecht-Thaer-Archiv, 1970, Bd. 14, H. 11.
27. *Chaminade R.* Influence de la matière organique humifiée sur l'efficacité de l'azote. Ann. agron. ser. A, 1958, № 2.
28. *Hernando V. F.* The action of humic acid of different sources on the development of plants and their effect on increasing concentration of the nutrient solution. Semaine d'étude «Matière organique et fertilité du sol, Pontifica Acad. Scient». 1968.
29. *Kononova M. M., Alexandrova I. V.* The effect of humus substances on the utilization of mineral nitrogen by plants. Studies about humus. Transactions of the International Symposium «Humus et Planta», V. Prague, 1971.
30. *Kovář J., Dolejšková J.* Effect of rate of application of ammonium humate on the uptake and utilization of phosphorus by plants. Sbornik Vysoké školy zemědělské v Praze. Fakulta Agronomická A., 1974, № 2.
31. *Lemaire F.* Influence of the organic matter on the phosphate nutrition of plants. Symposium «Humus et Planta», Praha, 1967.

I. V. ALEXANDROVA

SOIL ORGANIC MATTER AND NITROGEN NUTRITION OF PLANTS

Results of pot experiments with water and sand cultures allowed to reveal the role of humus substances and the products of microorganism metabolism in nitrogen nutrition of plants. Views concerning a limited utilization by plants of nitrogen from humus substances and an increase in intensity of utilization of the latter in the presence of mineral nitrogen have been confirmed. A positive effect of humus substances on the utilization of nitrogen from mineral fertilizers has been established.
