

УРОЖАЙНОСТЬ КАПУСТЫ ПЕКИНСКОЙ И СОДЕРЖАНИЕ В НЕЙ НИТРАТОВ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ И ПРИМЕНЕНИИ ИНГИБИТОРА НИТРИФИКАЦИИ

П. М. СМИРНОВ, С. Д. БАЗИЛЕВИЧ, Л. В. ОБУХОВСКАЯ, Л. А. КУДРЯШОВА
(Кафедра агрономической и биологической химии)

Овощные культуры, особенно листовые, к которой относится капуста пекинская, хорошо отзываются на азотные удобрения. Однако при высоких нормах азота или несбалансированном соотношении его и других элементов питания возможно избыточное накопление нитратов в растениях [2, 4, 6, 9].

Растения способны безболезненно накапливать большое количество нитратов, но для организма человека и животных эти соединения далеко не безразличны и могут привести к серьезным отрицательным последствиям [1, 7, 8]. Кроме того, азот, находящийся в растениях в виде нитратов и не включенный в белковый синтез, представляет еще одну статью потерь этого элемента [5].

Известно, что капуста пекинская отличается повышенной способностью к накоплению нитратов (как и все представители семейства капустных), особенно при внесении азотных удобрений. Использование ^{15}N дает возможность с достаточной точностью установить, какое количество азота удобрений и азота почвы накапливается в растениях в виде нитратов.

Целью данной работы являлось изучение азотного обмена у капусты пекинской при различных уровнях азотного питания, а также возможности применения ингибитора нитрификации для снижения уровня нитратов в растениях.

Методика и условия проведения опытов

Опыты проводили в 1980—1981 гг. в вегетационном домике Агрохимической опытной станции им. Д. Н. Прянишникова на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

Агрохимическая характеристика почвы была следующей: гумус—2,0% в оба года; $\text{pH}_{\text{с.о.л}}$ в 1980 г.—4,15, в 1981 г.—4,20; гидролитическая кислотность—соответственно 5,7 и 5,6 мэкв; сумма поглощенных оснований—8,6 и 9,2 мэкв на 100 г; N—NH_4 —2,0 и 2,1; N—NO_3 —0,57 и 0,74; подвижный фосфор—2,1 и 1,3, калий—10,0 и 7,4 мг на 100 г. В почву вносили известь по полной гидролитической кислотности.

Пророщенные семена капусты пекинской

высевали в сосуды, вмещающие 5 кг абсолютно сухой почвы. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения и отбирали пробы растений по фазам развития.

Содержание общего азота определяли после мокрого озоления микрометодом Кьельдаля, минеральных форм азота—в вытяжке из свежего растительного материала после осаждения белков 50% трихлоруксусной кислотой.

Схемой опытов предусматривалось внесение по фону 150Р150К двух норм азота—150 и 300 мг/кг. Ингибитор нитрификации N-sege вносили в дозе 0,5% от азота удобрения. Повторность опыта 4-кратная.

В качестве удобрения использовали сульфат аммония, суперфосфат и сульфат калия. В опыте 1981 г. в 2 повторностях

был использован меченный ^{15}N сульфат аммония с обогащением 14,9 %.

Результаты исследований

Урожайность капусты пекинской во многом определялась погодными условиями. Так, в 1981 г. она была значительно выше, чем в 1980 г., что обусловлено повышенной среднемесячной температурой в этом году по сравнению со средней многолетней.

При внесении азотных удобрений прибавка урожая капусты в 1980 и 1981 гг. была существенной (НСР_{01} — соответственно 22,1 и 25,6 г/сосуд).

Наибольший урожай в 1980 г. получен в варианте 300N — 121,6 г на сосуд. При внесении 150N урожайность капусты составила 95,4, в варианте РК — 28,1 г на сосуд. В 1981 г. в варианте 300N также получен наибольший урожай, но прибавка была недостоверной, в варианте 150N урожай капусты составил 168,8, в варианте 150P150K — 57,7 г/сосуд. Применение ингибитора нитрификации совместно с азотным удобрением не оказало влияния на урожайность капусты пекинской при обеих нормах азота в годы проведения опыта.

Поскольку листовые овощи употребляются в пищу преимущественно в свежем виде, содержание нитратов в них является важнейшим показателем качества. В наших опытах при внесении азотного удобрения содержание нитратов в капусте значительно увеличивалось (табл. 1).

В 1980 г. содержание нитратов в варианте 150N возросло почти в 2 раза, а при 300N — в 4,4 раза по сравнению с вариантом РК.

В 1981 г. наблюдалась та же закономерность, однако уровень нитратов в капусте был ниже, чем в 1980 г., во всех вариантах и особенно в контроле (табл. 1). Это связано, по-видимому, с увеличением продолжительности солнечного сияния и суммарной радиации (в 1981 г. — соответственно 310 ч и 69 336 Дж/м², в 1980 г. — 179 ч и 50 468 Дж/м²).

С помощью меченого ^{15}N сульфата аммония было установлено, что

Таблица 1

Содержание нитратов в растениях (мг на 1 кг сырой массы)

Вариант опыта	1980 г., всего	1981 г.		
		всего	из удобрения	из почвы
150P150K	1640	200	—	200
150P150K150N	3220	1262	787	475
То же + N-serve	2170	1194	711	483
150P150K300N	7750	5632	4745	887

Таблица 2

Содержание общего, нитратного и аммонийного азота в капусте (% на сухое вещество)

Вариант опыта	Период после посева, дни								
	16			26			35		
	N _{общ}	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N _{общ}	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N _{общ}	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
150P150K	4,45	0,23	1,27	2,90	0,22	0,37	2,70	0,22	0,26
150P150K150N	6,63	0,33	2,10	4,20	0,33	1,74	4,10	0,29	0,69
То же + N-serve	8,60	0,45	1,50	5,00	0,46	0,88	4,90	0,34	0,49
150P150K300N	7,60	0,38	2,30	5,20	0,38	2,52	5,00	0,31	2,40
То же + N-serve	7,80	0,47	2,13	6,10	0,48	2,16	5,90	0,36	2,13

на данной почве (неокультуренной, бедной минеральными соединениями азота) 60—80 % нитратов поступает из азотного удобрения. Исходя из этого можно предположить, что на более окультуренной богатой гумусом почве с большим количеством доступных форм азота доля нитратов, поступающих в растения из почвы, будет возрастать.

В настоящее время разработаны предельно допустимые концентрации нитратов (ПДК) для ряда овощей. Однако для листовых салатных овощей подобные критерии отсутствуют.

В течение вегетационного периода содержание восстановленного азота (NH_4^+) практически не изменялось. При внесении азотных удобрений и особенно в варианте с совместным их применением с ингибитором содержание $\text{N}-\text{NH}_4^+$ было в 1,5 раза больше, чем в контроле (табл. 2).

Содержание нитратного азота в капусте пекинской в контроле и при внесении 150N к концу вегетации снизилось в несколько раз, а в варианте 300N осталось на том же высоком уровне (табл. 2).

При совместном применении N-serve и 150N уровень нитратного азота в растениях значительно уменьшился во все стадии развития. Содержание общего азота заметно снижалось по мере накопления вегетативной массы и увеличивалось под влиянием азотных удобрений и ингибитора нитрификации.

Доля аммонийного азота мало изменялась под действием азота удобрения, а доля нитратного возросла в несколько раз и в варианте 300N достигла 48 %, т. е. почти половины от общего содержания азота в растении (табл. 3). Ингибитор нитрификации, внесенный совместно с азотным удобрением, способствовал значительному снижению этого показателя (табл. 3). При увеличении нормы азота до 300 мг/кг действие ингибитора на содержание нитратного азота ослаблялось.

Применение в опыте меченого ^{15}N азотного удобрения дало возможность выявить ряд особенностей азотного обмена у капусты пекинской, в том числе определить количество азота, усвоенного растениями из удобрения и из почвы, установить участие того и другого источника в питании растений.

Общий вынос азота урожаем капусты пекинской зависит от нормы вносимого азота (табл. 4). Так, в варианте 150N вынос азота урожаем увеличился более чем в 3 раза: с 123 до 423 мг на сосуд, при 300N он возрос до 710 мг на сосуд. Причем азот, содержащийся в урожае, был

Таблица 3

Содержание восстановленных и окисленных форм азота в растениях (% от общего азота)

Вариант опыта	N — NH ₄ ⁺		N — NO ₃ ⁻	
	г/кг	%	г/кг	%
150P150K	8,15	9,63		
150P150K150N	7,07	16,83		
То же + N-serve	6,94	10,00		
150P150K300N	6,20	48,00		
То же + N-serve	6,10	36,10		

Использование азота удобрения капустой

Таблица 4

Вариант опыта	Накопление азота в урожае		В т. ч. использовано				
	мг/сосуд	% от использованного по разнице с контролем	из удобрения		% от внесенного	из почвы	
			мг/сосуд	% от выноса		мг/сосуд	% от выноса
150P150K	123	—	—	—	—	123	100
150P150K150N	423	40,0	266	63	35,5	157	37
То же + N-serve	418	39,3	279	67	37,0	139	33
150P150K300 N	710	39,1	569	80	37,0	141	20

Т а б л и ц а 5
Баланс азота удобрений ($^{15}\text{NH}_4$) $_2\text{SO}_4$
(% от внесенного)

Показатель	По фону 150P150K		
	150N	$^{15}\text{N} +$ ^{14}N -serve	300N
N, использованный растениями	37,9	39,3	39,0
в т. ч. в надземной части	35,5	37,0	37,0
N— NH_4^+	2,3	1,7	2,2
N— NO_3^-	4,0	3,5	13,0
N органический	26,8	28,5	19,8
N в корнях	2,4	2,3	1,2,0
Осталось в почве:			
N— NH_4^+	1,2	1,3	1,2
N— NO_3^-	0,3	0,3	7,5
N органический	27,3	29,3	20,6
Неучтенные потери	33,4	37,7	37,7

Т а б л и ц а 6
Распределение азота ($^{15}\text{NH}_4$) $_2\text{SO}_4$
в растениях капусты пекинской
(% от использованного)

Показатель	По фону 150P150K		
	150N	$^{15}\text{N} +$ ^{14}N -serve	300N
N общий в надземной части	93	93	93
в т. ч. N— NH_4^+	6	6	6
N— NO_3^-	12	10	35
N органический	75	77	54
N общий в корнях	7	7	7

с 27 до 20 %. Аналогично распределялся азот удобрения, оставшийся в почве.

По мере увеличения нормы азота удобрения доля азота (% от внесенного), закрепившегося в почве в органической форме, снизилась, а доля азота нитратов увеличилась.

Если на долю азота нитратов в надземной массе растений в варианте 150N приходилось 12 % азота, то при норме 300N — более 35 % от всего использованного азота удобрения (табл. 6).

Выводы

1. Применение возрастающих норм азота (150 и 300 мг/кг) способствовало повышению содержания нитратного азота в капусте пекинской.

2. Уровень нитратов в растениях существенно уменьшался к стадии хозяйственной зрелости. Наибольшее их количество содержалось в ранние фазы, что необходимо учитывать при установлении оптимальных сроков уборки урожая.

3. Доля нитратного азота в надземной массе растений при норме азота 300 мг/кг в 3 раза больше, чем при норме 150 мг/кг, причем 60—80 % нитратов, содержащихся в растениях, поступило в них из азотного удобрения.

представлен главным образом азотом удобрения. Небольшую долю азота почвы в общем выносе его урожаем можно объяснить коротким вегетационным периодом (35 дней) капусты пекинской. В литературе отмечается, что меченный ^{15}N азот удобрения интенсивнее, чем азот почвы, потребляется в первые 3—4 нед вегетации, затем доля его снижается [3]. Установлено также, что на дерново-подзолистых почвах с низким содержанием минерального азота доля почвенного азота в общем выносе урожаем ниже, а азота удобрений — выше, чем на почвах с более высоким содержанием усвояемого азота [3].

При внесении азотного удобрения несколько увеличилось использование растениями почвенного азота. Так, вынос азота капустой пекинской по фону РК составил 123 мг на сосуд, а в варианте 150N — 157 мг на сосуд (табл. 4).

Увеличение нормы азота до 300 мг/кг очень мало влияло на общее количество использованного азота удобрения растениями (табл. 5), но содержание отдельных форм его при этом менялось. Так, более чем в 3 раза возросла доля нитратного азота в растениях (до 13 % от внесенного количества) по сравнению с таковым в варианте 150N, в то время как доля органического азота существенно снизилась —

4. Применение ингибитора нитрификации N-serve приводило к значительному снижению количества нитратного азота в капусте пекинской при норме азота 150 мг/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов Т. Н., Жукова Г. Ф., Пименова В. В. Канцерогенные нитрозосоединения в пищевых продуктах. — *Вопр. питания*, 1979, № 2, с. 12—21.
2. Минеев В. Г. Минеральные удобрения и окружающая среда. — *Вест. с.-х. науки*, 1978, № 12, с. 37—44.
3. Смирнов П. М. Вопросы агрохимии азота (в исследованиях с ^{15}N). М.: ТСХА, 1977, с. 72.
4. Церлинг В. В. Анализ растений как метод контроля загрязнения среды. — В кн.: *Плодородие почв Нечерноземной полосы и приемы его регулирования*. Пушино, 1975, с. 207—211.
5. Церлинг В. В. Нитраты в растениях и биологическое качество урожая. — *Агрохимия*, 1979, № 1, с. 147—157.
6. Brown J. R., Smith J. E. — *Agron. J.*, 1966, vol. 58, N 2, p. 209—212.
7. Konkle W. W. — *Nitrate accumulation in the environment*. Span., 1973, vol. 16, N 3, p. 112—114.
8. Miwish S. S., Wallcave L., Eagen M. — *Sci.*, 1972, vol. 177, N 4043, p. 65.
9. Viets F. J., Hageman R. H. — In: *Agr. Handbook*, U. A. Dept. Agr.-Res. Serv. Washington, 1971, p. 413.

Статья поступила 23 января 1983 г.

SUMMARY

Application of increasing rates of nitrogen fertilizers (150 and 300 mg/kg) in vegetation experiments on soddy podzolic medium loam soil resulted in higher nitrate nitrogen content in Pe-tsai cabbage, ammonia nitrogen content remaining practically the same. The highest nitrates content in plants was observed in early periods, which is necessary to be taken into account while determining optimum harvesting dates. Application of nitrification inhibitor N-serve resulted in considerably lower nitrate nitrogen content in Pe-tsai cabbage at the rate of nitrogen 150 mg/kg. At the rates of 150 and 300 mg/kg nitrogen utilization efficiency was 35.5—37%, and unaccounted nitrogen losses were 33.4—33.7%. Share of nitrate nitrogen in the above-ground plant mass at the rate of 300 mg/kg is 3 times higher than at the rate of 150 mg/kg.