

УДК 546.175:635.15

## ОЦЕНКА ПРИЕМОВ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В КОРНЕПЛОДАХ РЕДЬКИ И РЕДИСА

Л. А. КУДРЯШОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В вегетационных опытах с редисом и редькой на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве количество нитратов в корнеплодах возрастало в прямой зависимости от доз азотных удобрений. Аммонийная и нитратная формы удобрений по своему влиянию на продуктивность изучаемых культур оказались равноценны, однако содержание нитратов в корнеплодах было меньше при внесении аммонийного азота. Применение ингибиторов нитрификации обеспечило снижение содержания нитратов в продукции.

В полевых опытах наименьшей аккумуляцией нитратов отличалась редька сорта Маргиланская, а также сорта Зимняя круглая черная, имеющая более длительный вегетационный период.

Овощные культуры семейства Капустные отличаются повышенной способностью к аккумуляции нитратного азота [8, 15]. Учитывая, что избыточное содержание нитратов ухудшает качество овощной продукции, следует считать актуальной разработку приемов, приводящих к снижению их накопления в растениях.

Можно выделить ряд основных направлений в регулировании нитратного фонда растений: подбор и выведение новых сортов с высокой нитратредуктазной активностью [1, 2]; регуляция уровня и форм азотного питания путем применения новых форм азотных удобрений пролонгированного действия и ингибиторов нитрификации, усовершенствования технологии внесения удобрений [6, 12]; обеспечение сбалансированного соотношения макро- и микроэлементов в питании растений [9, 13].

Среди микроэлементов особое значение придается молибдену, который входит в состав нитратредуктазы, а следовательно, принимает непосредственное участие в ферментативной редукции нитратов [10, 12]. Под влиянием молибдена улучшается использование овощными культурами как азота удобрений, так и почвенного азота [5].

Большие возможности для предупреждения накопления токсических количеств нитратов в продукции открывает применение ингибиторов нитрификации, которые обеспечивают временную консервацию в почве азота удобрений в аммонийной форме. Преимущественное питание растений аммонийной формой азота создает предпосылки для более полного использования поступившего в них азота на построение белковых соединений и снижения аккумуляции нитратов [3, 4, 6, 7, 11].

Нами изучалось влияние возрастающих доз азотных удобрений на продуктивность редьки и редиса и накопление нитратного азота в корнеплодах, а также определялась возможность снижения содержания нитратов в продукции путем применения ингибиторов нитрификации, внесения молибденового удобрения, подбора сортов, характеризующихся меньшим накоплением нитратов.

### Методика и условия

В 1984—1985 гг. были проведены вегетационные и полевые опыты на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах (табл. 1). Объектами исследований в веге-

Т а б л и ц а 1

### Агрохимическая характеристика почв

pH <sub>СОЛ</sub>	N <sub>Г</sub>	S	V, %	N—NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N—NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	мэкв/100 г			мг/кг			
Вегетационный опыт							
1984 г.							
5,8	1,0	10,6	91	12,5	56,9	232	328
1985 г.							
5,8	1,0	10,9	92	4,5	15,0	77	112
Полевой опыт							
1984 г.							
6,0	3,1	21,5	87	12,6	25,5	328	218
1985 г.							
5,6	3,2	26,9	89	7,0	9,4	750	270

тадионных опытах явились редька Зимняя круглая черная и редис сорта Зенит. В сосудах емкостью 5 кг почвы выращивали по 2 растения.

Азот вносили в форме сульфата аммония и кальциевой селитры; дозы в первом случае 75, 150 и 300 мг на 1 кг абсолютно сухой почвы, в последнем — 150 мг/кг. Фосфорно-калийные удобрения (фон) применяли из расчета соответственно 150 и 300 мг Д. в. на 1 кг почвы в виде простого суперфосфата и сульфата калия (в таблицах фон не указан). При внесении сульфата аммония в дозе 150 мг N использовали ингибитор нитрификации на основе нитрапирина N-serve (США) и новый препарат КМП — 1-карбамоил-3 (5)-метилпиразол (ГДР) в количестве 2 % к азоту удобрения. В варианте с кальциевой селитрой изучалась возможность снижения накопления нитратов за счет внесения молибдена в форме молибдата аммония в дозе 1 мг д. в. на 1 кг почвы. Исходное содержание в почве подвижного молибдена по Григу — 0,18 мг/кг.

Семена редьки и редиса высевали в агрономически оптимальные сроки — соответственно в конце июня и в середине июля. Во время вегетации растения поливали дистиллированной водой до 60 % полной влагоемкости. Урожай учитывали при наступлении товарной спелости овощей — соответственно через 73 и 53 дня. Повторность при закладке опытов 8-кратная, при учете урожая — 4-кратная.

В основные фенофазы отбирали образцы почвы, в которых определяли содержание аммонийного и нитратного азота в вытяжке 1 н. КС1 при соотношении почвы и раствора 1:2,5 с восстановлением нитратов по Деварду и последующим отгоном аммиака по Кьельдалю.

Полевые опыты проводили в 1984—1985 гг. на хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве Овощной опытной станции им. В. И. Эдельштейна (совместно с кафедрой овощеводства ТСХА). В опытах изучались продуктивность и накопление нитратов различными сортами редьки и редиса летнего посева. Размер учетной делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность опытов 3-кратная.

Содержание нитратного азота определяли в свежих растительных образцах ионометрическим экспресс-методом.

## Результаты исследований

Изменение условий азотного питания растений в вегетационных опытах существенно повлияло на продуктивность выращиваемых культур (табл. 2).

В 1984 г. при выращивании редьки на почве с исходным содержанием минерального азота около 70 мг/кг в варианте N<sub>a</sub> 75 масса корнеплодов была в 2,3 раза и общая биологическая масса в 2,4 раза выше, чем в контроле (фон РК). При увеличении дозы азота до 150 мг повысилась только масса надземных органов, а при увеличении дозы до 300 мг отмечалось снижение массы корнеплодов без достоверного изменения общей массы растений. В 1985 г. вегетационный период по температурному и световому режиму оказался менее благоприятным для роста и развития редьки. Кроме того, почва, используемая для опытов 1985 г., была хуже обеспечена минеральным азотом. Все это отрицательно сказалось на продуктивности растений. В контроле корнеплоды практически не образовывались, а при дозах азота 75 и 150 мг масса корнеплодов была значительно меньше, чем в сопоставимых вариантах опыта 1984 г. Увеличение доз азота удобрения до 300 мг/кг приводило к возрастанию как массы корнеплодов, так и общей биологической массы растений.

Содержание нитратов в корнеплодах редьки в контроле составляло около 50 мг на 1 кг сырой массы, а при дозе азота 75 мг — 100—250 мг. С повышением доз азота оно значительно возрастало. В 1985 г. накопление нитратов в растениях было больше, чем в 1984 г., что связано с меньшей освещенностью и более низкой температурой (особенно в первый месяц вегетации редьки).

Редис предъявлял менее высокие требования к уровню азотного питания. В опыте с редисом внесение сульфата аммония в дозе 75 мг N вызвало увеличение массы корнеплодов в 2, 4 раза. При дозе азота 150 мг в форме сульфата аммония и кальциевой селитры происходило дальнейшее повышение урожайности, однако в корнеплодах накапливалось значительное количество нитратов (табл. 3). В варианте N<sub>a</sub>, 300 ухудшалась структура урожая — достоверно снижалась масса корне-

Т а б л и ц а 2

Масса товарной продукции и общая биологическая масса растений (г сырого вещества на сосуд) в вегетационном опыте

Вариант (Сорта и доза N, мг/кг)	Редька				Редис	
	1984		1985		1985	
	корне- плоды	общая масса	корне- плоды	общая масса	корне- плоды	общая масса
0	82	121	26	48	69	105
N <sub>a</sub> 75	190	285	93	140	151	250
N <sub>a</sub> 150	210	334	128	234	178	303
N <sub>a</sub> 300	167	312	170	355	159	322
N <sub>a</sub> 150+N-serve	—	—	127	241	189	299
N <sub>a</sub> 150+ КМП	—	—	158	295	197	318
Фон+N <sub>окл.</sub> 150	—	—	148	249	178	299
N <sub>СКП</sub> 150+Mo	—	—	162	260	177	309
НСП <sub>05</sub>	27	62	22	24	13	23

Таблица 3

Содержание нитратов в корнеплодах  
(мг на 1 кг сырой массы) в зависимости  
от условий питания

Вариант (форма и доза N, мг/кг)	Редька		Редис
	1984	1985	1985
0	50	47	86
N <sub>а</sub> , 75	102	249	208
N <sub>а</sub> , 150	604	947	1090
N <sub>а</sub> , 300	1246	1723	3283
N <sub>а</sub> , 150+N-serve	—	273	207
N <sub>а</sub> , 150+КМП	—	360	789
N <sub>СКЦ</sub> , 150	—	1369	1502
N <sub>СКЦ</sub> , 150+Mo	—	752	1037

плодов при одновременном увеличении массы ботвы. Отмечалось также и накопление в продукции нитратов в потенциально опасных для человека количествах.

При высокой дозе азота в корнеплодах редиса при уборке урожая через 53 дня обнаружено больше нитратов, чем в корнеплодах редьки (уборка через 73 дня). Аммонийная и нитратная формы удобрений при дозе азота 150 мг/кг оказались равноценны по влиянию на продуктивность изучаемых культур, однако при удобрении аммонийным азотом содержание нитратов в корнеплодах было в 1,4 раза ниже.

Известно, что недостаток молибдена при питании нитратным азотом может приводить к накоплению нитратов в тканях растений.

Внесение молибдата аммония на фоне 150 мг N в форме кальциевой селитры не оказало существенного влияния на урожай-

ность обеих культур, но обеспечило снижение содержания нитратов в корнеплодах редиса и редьки соответственно в 1,4 и 1,8 раза.

Наблюдения за динамикой содержания минеральных форм азота в почве под растениями показали, что N-serve и КМП активно тормозили нитрификацию на протяжении первых 30 сут, в дальнейшем степень их ингибирующего действия снижалась (табл. 4). В варианте с N-serve консервация азота удобрения в аммонийной форме была более полной, чем в варианте с КМП. Применение ингибиторов приводило к повышению общего содержания минеральных форм азота в дерново-подзолистой почве. Так, суммарное содержание аммонийного и нитратного азота в первый срок отбора почвенных проб в этом случае было в 1,5—1,8 раза больше, чем при той же дозе азота без ингибиторов.

Препарат N-serve не влиял на урожайность, но способствовал снижению содержания нитратов в корнеплодах редиса более чем в 5 раз, в корнеплодах редьки — 3,5 раза. В варианте с КМП получено достоверное увеличение как массы корнеплодов, так и общей биологической массы редьки (соответственно на 23 и 26 %). Под влиянием КМП увеличилась доля корнеплодов в общем урожае редиса, в результате получена достоверная прибавка товарной продукции. На аккумуляцию нитратов в растениях КМП оказал менее выраженное действие, чем N-serve. Однако благодаря его применению удалось уменьшить концентрацию нитратов в товарной продукции редиса в 1,4 раза, редьки — в 2,6 раза по сравнению с этими показателями в варианте без ингибитора.

Таблица 4

Динамика содержания аммонийной (в числителе) и нитратной (в знаменателе) форм азота (мг/кг) в почве в вегетационном опыте 1985 г. с редисом и редькой

Вариант (форма и доза N, мг/кг)	Редис			Редька		
	фенофаза и число дней после посева					
	линька корня, 22	начало обра- зования корнеплодов, 33	уборка, 53	линька корня, 26	начало обра- зования корнеплодов, 49	уборка, 73
0	3,0	2,0	1,3	4,4	5,6	2,8
	9,0	5,1	2,8	12,2	2,3	2,1
N <sub>а</sub> , 75	3,5	2,9	3,0	5,5	8,6	2,8
	30,0	7,6	3,2	37,0	2,5	3,7
N <sub>а</sub> , 150	7,6	5,0	4,3	6,3	9,0	3,6
	51,6	20,2	5,6	56,1	2,6	3,7
N <sub>а</sub> , 300	50,6	12,7	8,0	32,5	14,3	4,3
	87,9	69,6	11,5	81,9	15,3	4,5
N <sub>а</sub> , 150+N-serve	90,1	42,7	7,8	84,6	10,0	4,5
	14,9	17,6	4,8	12,0	2,8	1,9
N <sub>а</sub> , 150+КМП	65,8	10,5	5,2	66,1	11,2	4,7
	30,5	12,7	7,0	26,9	2,3	2,0
N <sub>СКЦ</sub> , 150	5,8	4,8	4,0	5,8	7,8	3,6
	58,1	29,2	5,0	59,0	5,3	4,2
N <sub>СКЦ</sub> , 150+Mo	5,5	5,3	5,8	4,3	8,5	3,3
	59,5	26,0	7,8	61,1	3,1	3,0

Урожайность редьки и редиса и содержание нитратов в корнеплодах

Сорт	Масса корнеплодов, кг/10 м <sup>2</sup>		Содержание NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг сырой массы	
	1984	1985	1984	1985
Дунганский (редис)	16,4	10,6	1467	634
Зенит (редис)	16,7	10,8	1609	1062
Маргиланская (редька)	13,6	10,9	1220	367
Зимняя круглая черная (редька)	23,2	—	639	—

В полевых опытах сравнивали урожайность и накопление нитратов в товарной продукции двух сортов редиса и двух сортов редьки. Из них сорта редиса Дунганский, Зенит и редька Маргиланская относятся к более скороспелым — вегетационный период около 70 дней, сорт редьки Зимняя круглая черная — к позднеспелым — вегетационный период составил 82 дня.

Первые три сорта в 1984 г. мало различались по продуктивности (табл. 5), а по содержанию нитратов в сырой массе корнеплодов располагались в следующий убывающий ряд: Зенит, Дунганский, Маргиланская (колебание в пределах 32 %). У Зимней круглой черной были наибольший урожай и самое низкое содержание нитратов.

В менее благоприятный по метеорологическим условиям 1985 г. получен меньший урожай корнеплодов, чем в 1984 г., и практически одинаковый у всех сортов. Содержание нитратов в корнеплодах также оказалось значительно более низким. Сортные различия по накоплению нитратов были выражены более четко и составили 290 %.

В оба года исследований редька сорта Маргиланская выделялась пониженным содержанием нитратов.

### Выводы

1. В вегетационных опытах содержание нитратов в корнеплодах редьки и редиса

возрастало с увеличением доз азотных удобрений. Применение повышенных доз азота приводило к накоплению нитратов в корнеплодах в потенциально опасных количествах.

2. Аммонийная и нитратная формы удобрений были равноценными по своему влиянию на продуктивность изучаемых культур, однако при внесении аммонийного азота содержание нитратов в корнеплодах было в 1,4 раза ниже.

3. Применение ингибиторов нитрификации, обеспечив преимущественное питание растений аммонийной формой азота, привело к снижению содержания нитратов в корнеплодах редиса и редьки (соответственно N-serve в 5 и 3,5 раза, КМП — в 1,4 и 2,6 раза).

4. Внесение в почву молибдата аммония в варианте с кальциевой селитрой в дозе 150 мг N не оказало существенного влияния на урожайность обеих культур, но способствовало снижению концентрации нитратов в корнеплодах редиса и редьки соответственно в 1,4 и 1,8 раза.

5. Различия сортов по накоплению нитратов в корнеплодах определялись как условиями выращивания, так и генетическими особенностями сорта. Наименьшей аккумуляцией нитратов отличались редька сорта Маргиланская, а также имеющая более длительный период вегетации редька Зимняя круглая черная.

### ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Ю. В. Качество растениеводческой продукции. — Л.: Колос, 1978.
- Жученко Л. А., Андрющенко А. К. Возможность снижения содержания нитратов в овощах методом селекции. — Вестн. с.-х. науки, 1980, № 12, с. 62—71. — 3. Ланг С., Хартбрех Х., Вальтер Р. Новый ингибитор нитрификации 1-карбамоил-3(5)-метилипразол. — Агрохимия, 1985, № 3, с. 10—16. — 4. Муравин Э. А. Применение ингибиторов нитрификации для снижения потерь и повышения эффективности азотных удобрений. — Итоги науки и техники. Почвоведение и агрохимия. М., ВИНТИ, 1979, т. 3. — 5. Муравин Э. А., Смирнов П. М., Татьяна Н. К. Баланс меченного <sup>15</sup>N азота кальциевой селитры в зависимости от уровня плодородия грунта и внесения молибдена под овощные культуры. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 3, с. 60—69. — 6. Семенов В. М., Кноп К., Агаев В. А. и др. Применение азотных удобрений и регулирование содержания нитратов в растениях. — Агрохимия, 1985, № 9, с. 6—15. — 7. Смирнов П. М. Вопросы агрохимии азота (в исследованиях с <sup>15</sup>N). — М.: ТСХА, 1977. — 8. Смирнов П. М., Базилевич С. Д., Обуховская Л. В. Урожайность овощных культур и кормовой свеклы и накопление в них нитратов при внесении азотных удобрений. — Изв. ТСХА, 1982, вып. 4, с. 53—62. — 9. Церлинг В. В. Нитраты и биологическое качество урожая. — Агрохимия, 1979, № 1, с. 147—156. — 10. Deutcher Gartenbau, 1983, Bd. 37, N 30, S. 1371—1374. — 11. Dressel J. et al. — Gartenbauwissenschaft, 1984, Bd. 49, N 3, S. 106—112. — 12. Kathan J. Y. — Deutcher Gartenbau, 1983, Bd. 37, N 3, S. 102—103. — 13. Raskowa L. et al. Plant metabolism regulation, 1982, p. 102—106. — 14. Roorda J. Bedrijfsontwikkeling jaargang, 1980, Bd. 11, N 2, S. 215—218. — 15. Scharpf H. C. — Garten praxis, 1985, N 3, p. 56—59.

Статья поступила 7 февраля 1986 г.