

АГРОФИЗИОЛОГИЯ

Г. В. ОЗЕРОВ

**РОЛЬ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ ХИННОГО ДЕРЕВА**

(Представлено академиком Н. И. Вавиловым 22 XI 1938)

Опыты Lambert'a в 1924—1926 гг. на станции Дран в Индо-Китае показали, что цианамид, фосфат кальция и хлористый калий снижают процентное содержание хинина и сульфата хинина. Опыты Озерова<sup>(2)</sup>, проведенные в 1936—1937 гг. на участке № 1 Сухумского интродукционного питомника, показали отрицательное действие сернокислого и азотно-кислого аммония на рост растений и положительное—калийной селитры и фосфорнокислого калия на слабокислой суглинистой почве речного аллювия. Последующими опытами Озерова<sup>(3)</sup> было установлено, что хинное дерево требует почвы со слабощелочной реакцией, близкой к нейтральной. С понижением кислотности почвы до 7.6 рН урожай повышался на 59% растительной массы и на 50% алкалоидов. Опытами Waksman'a<sup>(4)</sup>, Carrina<sup>(5)</sup> и других исследователей установлено, что повышение кислотности почвы способствует развитию грибов и тормозит развитие бактерий, ускоряет поглощение растением катионов и замедляет поглощение анионов, замедляет процессы нитрификации и ускоряет процессы денитрификации. В связи с отмеченными особенностями хинного растения и почвы становится понятной причина отрицательного действия физиологически кислых солей и положительное—физиологически щелочных. Для выяснения истинной причины различной роли одного и того же вида удобрения мы поставили в 1937 г. соответствующий опыт в цветочных вазонах и на такой же почве. Подопытным растением служила вегетативно размноженная *C. succirubra*. Азотнокислый аммоний вносился на фоне известкованной почвы по следующей схеме: 1) 0.9 г азота + 4.5 г извести (пушонки) и 2) 1.8 г азота + 9.0 г извести из расчета на 2 кг почвы. Контроль—калийная селитра, внесенная в почву в таком же количестве из расчета на азот, т. е. 0.9 и 1.8 г на 2 кг почвы.

Опыт показал, что азотнокислый аммоний стимулирует рост хинных растений на известкованной почве не хуже, чем даже калийная селитра, оказавшая благоприятное влияние в трех предыдущих опытах. Учитывая результаты предыдущих опытов, мы последующий опыт поставили 15 мая 1937 г. на участке № 1 Сухумского интродукционного питомника в глиняных сосудах с девятикратной повторностью на трех почвенных типах. Объектом изучения служили вегетативно размноженные растения *C. succirubra*. В задачу опыта входило выяснение роли различных форм удобрений в зависимости от реакции почвы и процентного содержания в ней азота, гумуса и фосфорной кислоты. Из почвенных разностей испытывались следующие: 1) суглинистый краснозем, слабо обеспеченный почти всеми необходимыми питательными веществами; 2) супесчаный приморский аллювий, содержащий очень высокий процент азота нитратного и гумуса при сравнительно низком проценте фосфорной кислоты и азота аммоний-

ного, 3) легкий суглинок речного аллювия, предварительно удобренный конским навозом из расчета 30 т на 1 га, содержал весьма высокий процент фосфорной кислоты и сравнительно низкий процент азота и гумуса. Контролем к этой почве служила такая же почва неудобренная.

Первый тип почвы имел кислую реакцию, а два последних слабокислую, близкую к нейтральной. Из удобрений испытывались следующие вещества: пудрет, как полное органическое удобрение, азот и фосфорная кислота в двух формах. Схема опыта была следующая (табл. 1).

Таблица 1

Варианты	Контроль	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	KNO <sub>3</sub> + KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub> + Ca <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Пудрет	
Доза питательных веществ из расчета на 2 кг почвы	$\left\{ \begin{array}{l} N \\ P_2O_5 \end{array} \right.$	—	1.8	0.9	—	—	0.9	0.9	50 г
		—	—	—	1.8	0.9	0.9	0.9	—

Удобрения вносились в растворенном виде в три приема: 1 июня, 1 июля, 1 августа. Полив производился путем опрыскивания растений сверху из расчета одинакового количества воды на сосуд. Из девяти подопытных растений учитывалось шесть средних экземпляров. Анализы по определению суммы алкалоидов проведены в биохимической лаборатории Всесоюзного института растениеводства по микрометоду.

Средние показатели накопления алкалоидов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Почва	Краснозем				Приморский аллювий				Речной аллювий				
	Варианты	Вес растений (в г)	Процентное содержание алкалоидов			Вес растений (в г)	Процентное содержание алкалоидов			Вес растений (в г)	Процентное содержание алкалоидов		
			Корень	Стебель	Лист		Корень	Стебель	Лист		Корень	Стебель	Лист
Контроль . . . . .	20.7	1.04	1.44	1.00	17.6	1.26	1.55	1.11	35.5	1.32	1.34	0.78	
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> . . . . .	37.1	1.28	1.65	1.54	36.9	1.20	1.62	1.29	30.6	1.29	1.44	1.25	
KNO <sub>3</sub> . . . . .	31.3	1.90	2.06	1.27	17.0	1.24	1.24	1.18	52.8	1.83	1.84	1.09	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> . . . . .	39.5	1.73	1.18	1.01	29.2	1.76	1.33	0.95	54.0	1.78	1.22	1.08	
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	25.5	1.10	1.12	1.02	22.0	0.98	1.37	0.99	38.6	1.08	1.18	0.96	
KNO <sub>3</sub> +KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> . . . . .	57.6	1.75	1.78	1.12	46.1	2.09	2.11	1.17	50.3	1.92	1.89	1.13	
Пудрет . . . . .	37.1	2.19	2.00	1.16	37.2	1.78	1.70	1.08	65.1	1.66	1.46	1.06	

На речном неудобренном аллювии растение весило 24.1 г и содержало 1.66, 1.09 и 0.78% алкалоидов.

Таким образом из трех неудобренных почв в нашем опыте лучшей почвой для роста хинного дерева оказался легкий суглинок речного аллювия, содержащий высокий процент фосфорной кислоты. Урожай растительной массы на этой почве увеличился на 16% по сравнению с красноземом и на 32% по сравнению с приморским аллювием. Суглинистый краснозем, будучи весьма слабо обеспеченным почти всеми питательными веществами, оказался менее благоприятным для роста растений, чем первый тип почвы, но более благоприятным по сравнению с приморским аллювием. Последний, несмотря на исключительно высокий процент азота нитратного, но при наличии сравнительно низкого процента азота аммиачного и особенно фосфорной кислоты, проявил неблагоприятное действие на рост растений даже по сравнению с красноземом. Но наряду с более низким урожаем

вегетативной массы растения содержали более высокий процент алкалоидов, чем на красноземе и особенно, на почве речного аллювия.

Явление слабого роста растений на почве приморского аллювия объясняется тем, что эта почва, близко прилегавшая к отлогим берегам моря, содержала высокий процент солей калия, магния и натрия в виде сульфатов и хлоритов, оказывающих неблагоприятное действие на рост и развитие многих растений. Это соответствует указанию Mail'a<sup>(6)</sup> по данному вопросу. Кроме того эта почва содержала азота аммиачного почти в 19 раз меньше, чем азота нитратного, что также не могло благоприятствовать росту растений, а тем более при наличии весьма низкого процента фосфорной кислоты. Наглядной иллюстрацией к сказанному может служить калийная селитра (внесенная в эту почву в количестве, в два раза меньшем, из расчета на азот, чем азотнокислый аммоний), снизившая урожай вегетативной массы на 4% и алкалоидов в урожае на 17% по сравнению с контролем. Положительное влияние супесчаного аллювия на накопление алкалоидов сказалось повидимому, благодаря высокому проценту содержания азота, который способствует накоплению алкалоидов в большинстве случаев наших опытов.

Несомненно, что эффективность удобрений для однолетней культуры хинного дерева зависит в первую очередь от вида и формы вносимых солей, процентного содержания азота и фосфорной кислоты в почве и их соотношения с другими элементами в почвенном растворе.

Азот, внесенный в почву речного аллювия в различных формах, оказывает различное действие на рост растений и накопление в них алкалоидов. Серноокислый аммоний проявил например явно ядовитое действие: растения погибли через 3 дня после его внесения из расчета 2 г на 2 кг почвы.

Азотнокислый аммоний, снизивший урожай растительной массы на 30% во втором опыте и на 13% в четвертом опыте, увеличил содержание алкалоидов в урожае на 6% во втором опыте и на 10% в четвертом опыте по сравнению с контролем. Калийная селитра стимулирует рост растений и вместе с этим способствует накоплению алкалоидов в растениях во всех случаях, причем прибавка алкалоидов в урожае увеличилась на 36% во втором опыте и на 106% в четвертом опыте по сравнению с контролем. Причина различного действия азота на одной и той же почве заключается прежде всего в различии катионов и анионов вносимых солей, которые проявляют различное влияние в зависимости от степени кислотности почвы. В кислой среде растение, как известно, усваивает катион аммоний больше, чем катион калий, вследствие чего в растении накапливается в большом количестве аммиак, с одной стороны, а свободный кислотный остаток, подкисляя почву, ухудшает ее физико-химические свойства, с другой стороны. В связи с этим можно допустить, что аммиак, накапливаясь в растении в большом количестве в кислой среде, отравляет маловозрастные и угнетает более взрослые растения, как это имело место повидимому и в наших опытах с применением серноокислого и азотнокислого аммония. Наглядной иллюстрацией к сказанному может служить серноокислый калий, внесенный в ту же почву в одинаковом количестве соли и проявивший почти нейтральное действие по сравнению с контролем. Ядовитое действие серноокислого аммония могло сказаться еще и потому, что эта соль была внесена в почву в растворенном виде и в один прием, вследствие чего кислотность почвы могла резко повыситься, ускорив вместе с этим процесс накопления растением аммиака.

Высокая эффективность азотнокислого аммония на красноземе и на почве приморского аллювия не является противоречием сказанному. На первой почве калийная селитра дала прибавку урожая на единицу чистого азота больше (на 30% растительной массы и на 60% алкалоидов в урожае), чем азотнокислый аммоний. Вторая же почва содержала нитратного азота почти в 19 раз больше по сравнению с аммиачным азотом.

Внесение в почву фосфорной кислоты в форме фосфорнокислого калия и фосфата кальция стимулирует рост растений на всех почвенных разностях, но наряду с этим процентное содержание алкалоидов в растениях понижается в трех случаях и незначительно повышается в двух случаях из шести, причем средняя эффективность на единицу питательного вещества первой соли выше почти в 2 раза по урожаю вегетативной массы и почти в 5 раз по содержанию алкалоидов в урожае. Аналогичный же результат был получен и в опытах Lambert'a и Yersin'a с применением трехкальциевого фосфата, что указывает повидимому на отрицательную роль катиона кальция в образовании алкалоидов в хинном дереве.

Высокую эффективность солей калия (как в отдельности, так и особенно в смеси) следует отнести за счет их физиологически щелочных свойств, слабой обеспеченности почв необходимыми для роста и развития растений питательными веществами (азотом и фосфором—краснозема, фосфором—приморского аллювия и азотом—речного аллювия), а также за счет изменения соотношения между азотом и фосфором в почвенном растворе. Навоз, внесенный в почву речного аллювия из расчета 30 т на 1 га, повысил урожай вегетативной массы на 47% и алкалоидов в урожае на 96% по сравнению с неудобренной почвой. Пудрет, внесенный из расчета 50 г на 2 кг почвы, дал прибавку урожая растительной массы на 79—111% и алкалоидов в урожае на 122—136% по сравнению с контролем.

Выводы: 1. Хинное дерево требует почву со слабощелочной реакцией, близкой к нейтральной. Пределы оптимальной реакции почвы находятся между 7.3 и 8.0 рН. С понижением кислотности почвы до 7.6 рН урожай повышается на 59% растительной массы и на 50% алкалоидов.

2. Физиологически кислые соли сернокислого и азотнокислого аммония задерживают рост хинного дерева на слабокислой почве легкого суглинка речного аллювия, а физиологически щелочные соли калийной селитры и фосфорнокислого калия, наоборот, стимулируют рост растений и способствуют образованию алкалоидов.

3. Для культуры хинного дерева нельзя вносить физиологически кислые удобрения на кислой почве без предварительного известкования ее, так как это связано с понижением урожая за счет главным образом ухудшения физической структуры и химического состава почвы.

4. Эффективность физиологически щелочных солей выше, чем физиологически кислых солей на кислой почве, потому, что первые улучшают, а вторые ухудшают физическую структуру и химический состав почвы.

5. Различная роль одного и того же вида удобрения зависит не только от реакции почвы и формы вносимых солей, но и от процентного соотношения азота и фосфорной кислоты в почвенном растворе.

Поступило  
4 XII 1938.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Lambert et Yersin, *Revue de botan. appliquée et d'agr. col.* (1927).  
<sup>2</sup> Г. Озеров, *Советские субтропики*, 12 (1927). <sup>3</sup> Г. Озеров, *Советские субтропики*, 6 (1938). <sup>4</sup> S. A. Waksman, *Soil Sci.* по T. Kannen'у. <sup>5</sup> Г. Каптен, *Почвенная кислотность* (1934). <sup>6</sup> F. Main, *Revue de botan. appliquée et d'agr. col.* (1928). <sup>7</sup> Г. Озеров, *Советские субтропики*, 4 (1938). <sup>8</sup> С. Д. Львов, *Труды ботанического ин-та Акад. Наук СССР*, 1 (1934). <sup>9</sup> Г. К. Крейер, *Труды ВАСХНИЛ*, 22/3 (1936). <sup>10</sup> Г. К. Крейер, *Советские субтропики*, 3 (1938). <sup>11</sup> Р. И. Татарская, *Биохимия культурных растений*, 5 (1938). <sup>12</sup> А. Д. Позняк, *Хинное дерево и его культура*, 1 (1936). <sup>13</sup> Ф. В. Турчин, *О природе действия удобрений (азот, фосфор, калий)* (1936).