

УДК 633.49:631.811.1:581.13:631.589.2

### ОСОБЕННОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ НИТРАТНОГО АЗОТА ИНФИЦИРОВАННЫМИ И ОЗДОРОВЛЕННЫМИ РАСТЕНИЯМИ КАРТОФЕЛЯ

И. Л. РАШКОВИЧ, Ю. Ц. МАРТИРОСЯН,  
В. А. СТОРОЖЕНКО, О. С. МЕЛИК-САРКИСОВ

(Кафедра сельского хозяйства зарубежных стран)

В опыте на гидропонике с картофелем сорта Гатчинский исследованы различия в азотном питании оздоровленных и инфицированных одновременно X, Y и S вирусами растений при различных уровнях концентрации азота в питательном растворе. Безвирусные растения отличались от инфицированных большей чувствительностью к уровню азотного питания и большей эффективностью использования питательных веществ для формирования урожая. Показано, что безвирусные растения для формирования максимального урожая требуют более высокого уровня азотного питания.

Новые разработки в области безвирусного семеноводства картофеля [2] сделали возможным массовое рентабельное производство оздоровленного посадочного материала, которое в настоящее время интенсивно развивается. Однако для наиболее полной реализации в производстве потенциальных преимуществ оздоровленного картофеля необходимо знание его физиологических особенностей, которые до настоящего времени остаются малоизученными. Данная работа является очередной в ряде экспериментов [1, 3], поставленных нами с целью исследования особенностей минерального питания безвирусного картофеля.

#### Методика

Опыт с картофелем сорта Гатчинский выполнен летом 1992 г. в бес-субстратной проточной водной культуре на гидропонной установке в лаборатории безвирусных культур ВНИИСБ РАСХН.

Посадочный материал безвирусного картофеля был получен методом культуры апикальной меристемы. В опыте использовались мини-клубни второй клубневой репродукции. Для сравнительного изучения были взяты мини-клубни третьей после оздоровления и искусственного инфицирования X, Y и S вирусами клубневой репродукции.

Растения выращивали в лотках с тонким слоем текущего питательного раствора Кюпа в летней пленочной теплице. Схема опыта включала 4 варианта, различающиеся по уровню азотного питания. Концентрация азота в питательном растворе возрастала в арифметической прогрессии от 0,5 до 2-кратного уровня концентрации его в растворе Кюпа и составляла соответственно 103, 205, 308, 410 мг/л. Ее различия достигались изменением количества нитрата кальция, взятого для приготовления раствора. Повторность опыта 8-кратная.

Трижды за вегетацию растения проверяли на содержание X, Y, S, M и F вирусов, а также вируса скручивания листьев картофеля иммуноферментным методом. Среди безвирусных растений выбраковывали те из них, в листьях которых обнаруживался какой-либо из перечисленных вирусов. Для сравнения оставляли растения, содержащие только X, Y и S вирусы одновременно.

По окончании вегетации (на 94-й день) растения извлекали из лотков, разделяли на отдельные органы, высушивали до постоянной массы, измельчали и использовали для определения азота по Кьельдалю после каталитического озольнения в серной кислоте. Относительная точность анализа не ниже 0,5 %.

## Результаты

Экспериментальные данные и результаты расчетов приведены в таблице.

Для аппроксимации полученных в опыте значений сухой массы целых растений было использовано уравнение, выведенное нами ранее [3] на основе логической закономерности:

$$M(c) = mbc \frac{e^{a-bc}}{(1+e^{a-bc})^2}, \quad (1)$$

где  $M(c)$  — масса растений (или клубней) при концентрации азота  $c$

### Характеристика оздоровленных (числитель) и инфицированных (знаменатель) растений

Концентрация азота, мг/л	Сухая масса на 1 растение			Содержание азота в растении, %	Вынос азота		
	всего, г	в т. ч. клубней, г	% клубней		на 1 растение, г	на 1 г клубней, мг	
103	<u>70,2</u>	<u>20,1</u>	<u>28,6</u>	<u>2,20</u>	<u>1,54</u>	<u>77</u>	
	53,1	12,1	22,8	2,79	1,48	122	
205	<u>117,6</u>	<u>31,6</u>	<u>26,9</u>	<u>2,85</u>	<u>3,35</u>	<u>106</u>	
	85,8	18,9	22,0	3,48	2,99	158	
308	<u>122,9</u>	<u>29,3</u>	<u>23,8</u>	<u>3,19</u>	<u>3,92</u>	<u>134</u>	
	82,1	15,6	19,0	3,81	3,81	201	
410	<u>106,0</u>	<u>22,2</u>	<u>20,9</u>	<u>3,40</u>	<u>3,60</u>	<u>162</u>	
	68,2	11,0	16,1	4,08	2,78	253	
<i>Расчетные данные при оптимальной концентрации раствора</i>							
<u>236</u>	<u>122,9</u>	<u>32,1</u>	<u>26,0</u>	<u>2,96</u>	<u>3,64</u>	<u>114</u>	
219	84,3	18,8	22,2	3,57	3,01	161	

в питательном растворе;  $m$ ,  $b$ ,  $a$  – параметры уравнения.

Ошибка аппроксимации, проведенной методом наименьших квадратов, не превышала 1,9 г для целых растений и 0,6 г для клубней. Расчетные кривые и экспериментальные данные приведены на рисунке.

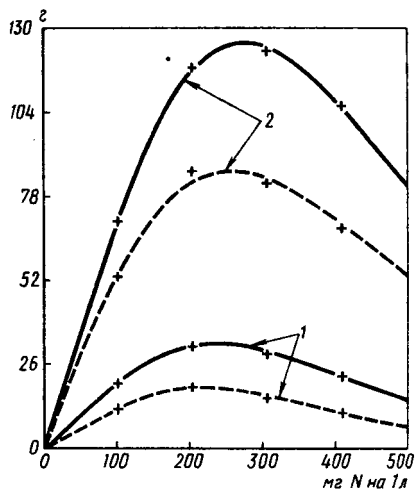
Безвирусные растения при любой использованной в опыте концентрации питательного раствора продуцировали большую биомассу и формировали больше клубней, чем вирусные. Они сильнее отзывались на изменение содержания азота в растворе и в то же время были более толерантны, поскольку наращивали достаточно высокий урожай в более широком интервале условий питательной среды.

Наиболее благоприятная для роста биомассы концентрация азота в питательном растворе для оздоровленных растений была выше (277 мг/л), чем для содержащих вирусы (260 мг/л). Эта закономерность сохранялась и в отношении массы клубней (см. таблицу), но максимум массы клубней наблюдался при более низкой концентрации раствора, чем максимум биомассы, т. е. масса клубней не вполне коррелировала с массой растений. В связи с этим представлялось интересным рассмотреть зависимость доли клубней в общей массе растений от концентрации раствора.

Уравнение кривой доли клубней в сухой биомассе было рассчитано делением выражения типа (1) для массы клубней на выражение для массы растений:

$$P(c) = 100 \frac{M_k(c)}{M_p(c)}, \quad (2)$$

где  $P(c)$  – доля клубней в сухой биомассе при концентрации азота в питательном растворе  $c$ , %;  $M_k$  и



Зависимость накопления сухой массы клубней (1) и целых растений (2) от концентрации азота в питательном растворе. Сплошные линии – оздоровленные растения, пунктирные – инфицированные.

$M_p$  – сухая масса клубней и целых растений.

При всех уровнях концентрации питательного раствора доля массы клубней у безвирусных растений была заметно выше, чем у вирусных. Она достигала максимума при низких значениях концентрации азота в питательном растворе (существенно более низких, чем оптимальные для роста клубней), а затем довольно равномерно сокращалась с увеличением концентрации раствора, причем у инфицированных растений этот процесс шел несколько быстрее. Максимум доли клубней у вирусных растений отмечен при более высоком уровне азотного питания, но он был существенно ниже, чем у оздоровленных растений.

Таким образом, повышение уров-

ня азотного питания нарушает баланс в соотношении клубней и не клубневой части растения, сдвигая равновесие в сторону последней. Безвирусные растения проявили себя как менее чувствительные к этому воздействию, чем содержащие вирусы.

Для аппроксимации данных о содержании азота в растениях и расчета зависимости концентрации азота в растении от его концентрации в питательном растворе мы воспользовались уравнением изотермы адсорбции Ленгмюра (см. [3]), которое имеет вид

$$C(c) = k \frac{c}{f+c}, \quad (3)$$

где  $C(c)$  — удельное содержание азота в сухой массе целого растения при концентрации азота в питательном растворе  $c$ , %;  $k$  и  $f$  — коэффициенты уравнения.

Коэффициенты  $k$  и  $f$  были вычислены методом наименьших квадратов после линеаризации уравнения. Максимальная абсолютная ошибка аппроксимации не превышала 0,05 единицы.

Вирусные растения отличались от оздоровленных более высоким содержанием азота при всех уровнях концентрации питательного раствора, что свидетельствует о менее эффективном использовании ими азота для формирования биологической массы растений.

Уравнения кривых выноса азота из питательного раствора были получены перемножением выражений для накопления биомассы и содержания азота в ней:

$$V(c) = \frac{M_p(c)C(c)}{100}, \quad (4)$$

где  $V(c)$  — вынос азота растением из питательного раствора с концентрацией азота  $c$ .

Несмотря на то, что содержание азота в сухой массе растений безвирусного картофеля было ниже, чем у вирусного, общий вынос азота у первых при всех изучаемых в опыте уровнях концентрации раствора был заметно больше, чем у последних, характеризующихся значительно меньшей биомассой. Максимум выноса у безвирусных растений, как и максимум накопления биомассы, наблюдался при более высокой концентрации азота в растворе, чем у вирусных растений.

При оптимальной для роста клубней концентрации питательного раствора (см. таблицу) вынос азота был ниже максимального. Точка, соответствующая выносу азота при оптимальной концентрации раствора, лежит на подъеме кривой выноса. Это показывает, что превышение уровня концентрации питательного раствора над оптимальным ведет к неэффективному потреблению питательных веществ из раствора, поскольку общий вынос возрастает одновременно с уменьшением урожая.

Более определенно судить об эффективности использования питательных веществ растениями можно на основании данных о выносе азота в расчете на единицу массы клубней, поскольку этот показатель относится к хозяйственно ценной части урожая.

Удельный вынос можно выразить следующим соотношением:

$$v(c) = 1000 \frac{V(c)}{M_k(c)}, \quad (5)$$

где  $v(c)$  — удельный вынос азота при концентрации азота в питательном растворе  $c$  на 1 г сухой массы клубней, мг.

На основании выражений (2), (4) и (5) получаем

$$v(c) = 1000 \frac{C(c)}{P(c)} \quad (5a)$$

Значения удельного выноса азота увеличивались с ростом концентрации азота в питательном растворе, причем у вирусных растений быстрее, чем у оздоровленных. Последние отличались значительно меньшим удельным выносом независимо от уровня концентрации питательного раствора и, следовательно, более эффективно использовали азот для построения клубней.

### Выводы

1. Оздоровленные растения для продуцирования наибольшего урожая клубней требуют более высокого уровня азотного питания, чем это необходимо для вирусных растений.

2. Безвирусные растения более чувствительны к уровню азотного питания и сильнее отзываются на его изменение, чем содержащие вирусы.

3. Относительная клубневая продуктивность оздоровленных растений заметно выше, чем у вирусных. Она достигает максимума при низком (значительно ниже оптимального для роста клубней) уровне концентрации раствора, а затем снижается с ее увеличением.

4. Удельное содержание азота в биомассе безвирусных растений ниже, чем в биомассе вирусных, и это

различие увеличивается с ростом концентрации азота в питательном растворе. В то же время оздоровленные растения выносят из питательной среды больше азота, чем инфицированные.

5. Эффективность использования азота для формирования клубней у безвирусных растений существенно выше, чем у инфицированных. Этот показатель снижается с увеличением концентрации азота в питательной среде, причем у больных растений темп снижения более высокий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Мартыросян Ю. Ц., Рашкович Н. Л., Мелик-Саркисов О. С., Стороженко В. А., Чернобровкина М. А.* Потребление питательных веществ инфицированными и свободными от вирусной инфекции растениями картофеля. — Изв. ТСХА, 1993, вып. 2, с. 208–213.
  2. *Мелик-Саркисов О. С., Цолин Л. Н., Овчинникова В. Н. и др.* Технология культивирования и размножения регенерантов картофеля. — Метод. рекомендации. М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1990.
  3. *Рашкович Н. Л., Мартыросян Ю. Ц., Мелик-Саркисов О. С., Стороженко В. А., Чернобровкина М. А.* Влияние уровня минерального питания на потребление питательных веществ инфицированными вирусами и свободными от инфекции растениями картофеля. — Изв. ТСХА, 1993, вып. 3, с. .
- Статья поступила 21 января 1993 г.*