

УДК 633.311:632.111.5:631.811.98

## ИЗМЕНЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ЛЮЦЕРНЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЕЕ РЕТАРДАНТАМИ

Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ, Л. А. ПАНИЧКИН, В. В. ГОМЕР

(Кафедра физиологии растений)

Высокопродуктивные сорта и гибриды люцерны, как правило, отличаются низкой зимостойкостью, что в основном и сдерживает их продвижение в Нечерноземную зону. Одним из способов повышения зимостойкости может быть химическое воздействие на растения так называемых ростовых веществ. Повышение морозо- и зимостойкости растений под действием ретардантов подтверждается многочисленными исследованиями [2, 3, 7, 21, 22]. Однако мало изучено применение ретардантов с целью повышения морозостойкости люцерны [16, 20]. Остается открытым вопрос о видах и оптимальных дозах ретардантов.

Используемые в настоящее время методы оценки устойчивости растений к низким отрицательным температурам или очень громоздки (метод прямого промораживания в холодильных камерах), или очень трудоемки (метод монолитов). В связи с этим представляют интерес биофизические экспресс-методы определения морозостойкости. Известен метод, основанный на измерении сопротивления тканей растений при пропускании электрического тока. Он разработан для плодовых и древесных культур [4, 8, 23, 24]. Техническая простота, достоверность результатов оценки, высокая производительность метода импеданса тканей привлекает внимание многих исследователей [1, 14, 15, 18]. Основное требование, предъявляемое к такого рода методам, заключается в том, что определение должно проводиться на живом растении, не оказывая на него существенного влияния.

В данной работе представлены результаты исследования влияния ретардантов на морозостойкость люцерны, оцениваемой по удельной электрической проводимости ткани стержневого корня.

### Методика

В лаборатории искусственного климата Тимирязевской академии в 1980—1982 гг. было проведено два опыта, по две серии в каждом. В первом опыте изучали влияние ретардантов 75 %-ного 2,2-диметилгидрида янтарной кислоты (алар) и 60 %-ного хлорхлоридхлорида (ССС) в концентрациях 4, 8 и 32 г д. в. на 1 л раствора на морозостойкость люцерны Северная гибридная 69. Во втором опыте исследовали влияние СССР в концентрации 4 г/л (оптимальная концентрация, определена в первом опыте) на морозостойкость двух сортов люцерны — морозостойкой Северной гибридной 69 и слабо-морозостойкой Славенской местной.

Растения выращивали в песчаной культуре на питательной смеси Кнопа с добавлением микроэлементов (Fe, Mg, B, Zn, Cu). Перед посевом внесли 0,5 нормы питательных солей, а затем провели две корневые подкормки (в фазе 3 и 6 настоящих листьев). Использовали сосуды емкостью 1 л, в каждом из них было по 10 растений. Повторность опытов 5-кратная.

Устойчивость к низким температурам изучали при контролируемых режимах температуры, длины дня, освещенности и влажности песка. В фазу 3—4 настоящих листьев люцерну опрыскивали водными растворами ре-

тардантов по 3 мл на сосуд (в контроле — водой). Морозостойкость определяли методом прямого промораживания растений в холодильных камерах [11]. Растения закачивали по И. И. Туманову [12]. Для этого их в фазе 5—6 настоящих листьев помещали в климакамеру КТЛК-1250 (ГДР), где они проходили первую фазу закаливания в течение 5 сут при 2° и круглосуточном освещении (70 Вт/м<sup>2</sup>). Вторая фаза закаливания продолжалась в течение 3 сут при температуре —3°. После закаливания температура понижалась на 3° через каждые 24 ч. Растения промораживали в течение суток при —9°, затем температура повышалась за 24 ч до 2°. Критерием морозостойкости сортов служила степень выживаемости и накопление биомассы растений после промораживания. Подсчет живых и погибших растений и учет накопленной биомассы проводился после 30-дневного отращивания при температуре 20°, освещенности 70 Вт/м<sup>2</sup> и световом периоде с 6 до 22 ч.

Влияние обработки ретардантами на морозостойкость учитывали по удельной электрической проводимости ткани стержневого корня люцерны на глубине 1 см под коронкой (узлом кущения), используя метод «вживления» электродов [14, 15, 18]. Для

этого игольчатые металлические электроды диаметром 0,4 мм, закрепленные в пластинке из органического стекла на расстоянии 3 мм друг от друга, вводили в растение в фазу 5—6 листьев на глубину 2 мм и оставляли до окончания эксперимента.

Удельная электрическая проводимость измерялась через 7 дней после обработки растений ретардантами, в конце первой и второй фазы закалывания, а также в период промораживания и отращивания растений при частоте тока 400 Гц [5]. Повторность определений 9-кратная.

Для оперативного измерения удельной проводимости тканей у сравнительно большого числа растений использовали полуав-

томатическую установку переключения каналов измерения с помощью шагового искателя ШИ-50/4.

Измерительные электроды через коммуникационные провода (по возможности короткие) подсоединяли к парным клеммам ШИ-50/4. От его токосъемных контактов, также по короткой цепи, сигнал поступал на универсальный прибор для химических анализов ОМ-1А (Япония).

В опытах использовали три шаговых искателя. В течение 20 мин осуществлялась регистрация удельной проводимости у 144 растений. Результаты были обработаны статистическими методами [6].

### Результаты исследований

Торможение роста — одно из необходимых условий успешного закалывания у озимых растений [13]. Вместе с тем оно не является единственным условием эффективности этого процесса. О состоянии растений, степени повреждения, сопротивляемости повреждающему фактору в известной мере можно судить по изменению биомассы.

В наших опытах наблюдалась зависимость ингибирования роста у обработанных растений от вида и концентрации препаратов (табл. 1, рис. 1). С увеличением концентрации в вариантах с ССС оно было сильнее, чем в вариантах с аларом. Концентрацию изучаемых ретардантов 4 г/л можно считать оптимальной, так как при более высокой их концентрации отмечается сильное угнетение растений (значительно меньшее накопление биомассы, нарушение пропорциональности развития надземных и подземных частей). Ретарданты настолько изменяют приспособляемость растений к условиям среды, что эти изменения могут достигать уровня сортовых различий [19].

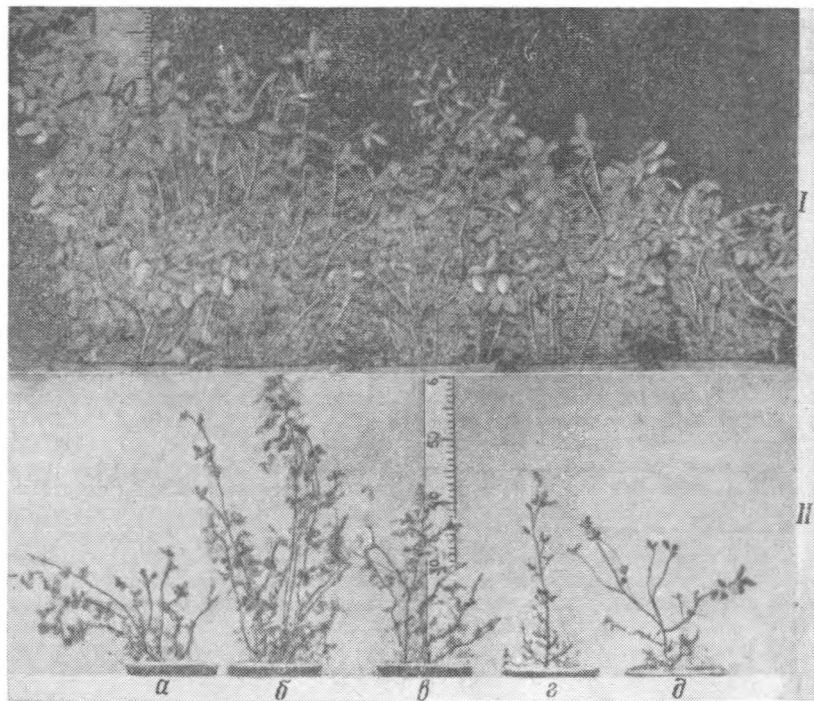


Рис. 1. Рост люцерны Северной гибридной 69 после обработок ССС до промораживания (I) и спустя 30 дней после промораживания при  $-9^{\circ}$  (II). а — без обработки (контроль); б — обработка, концентрация препарата 4 г/л; в — 8; г — 16; д — 32 г/л.

Биометрические показатели и морозостойкость люцерны

Ретардант, концентрация, г/л	Ингибирование роста, %	Корнеобеспеченность, %	Биомасса после отращивания, г/сосуд				Количество выживших растений, %
			стебли		корни		
			зеленая	сухая	зеленая	сухая	
Контроль (без обработки)	—	54	18,2	3,5	7,2	1,6	51
ССС, 4	10,0	61	29,4	6,5	18,7	3,9	87
Алар, 4	12,2	56	27,2	5,8	13,1	2,5	78
ССС, 8	18,9	50	13,6	2,9	8,0	1,4	72
Алар, 8	17,0	55	12,8	2,5	8,1	1,3	63
ССС, 32	28,0	47	5,0	1,0	4,0	0,7	40
Алар, 32	24,3	51	8,5	1,7	5,1	0,9	43
НСР <sub>05</sub>			4,1	1,9			20,97

Число выживших растений при обработке ретардантами повышалось до 87 %. Положительное влияние на морозостойкость люцерны оказали концентрации ретардантов 4 и 8 г/л. Однако достоверное увеличение количества выживших растений после промораживания и накопления биомассы после отращивания было в вариантах с ретардантами в концентрации 4 г/л. При увеличении последней до 32 г/л отмечалось заметное отрицательное действие препаратов (рис. 1). В результате морозостойкость люцерны снизилась на 8—11 %, накопление биомассы обработанных растений составило 29—49 % от контроля.

Известно, что удельная электрическая проводимость является интегральным показателем физиологических изменений при воздействии на растение факторов внешней среды. Согласно концепции И. И. Туманова [12], подготовка растений к холодному периоду сопровождается снижением активности обменных процессов, включая ионный обмен. Этим можно объяснить тесную связь электрической проводимости и морозостойкости растительных тканей, поскольку в основе

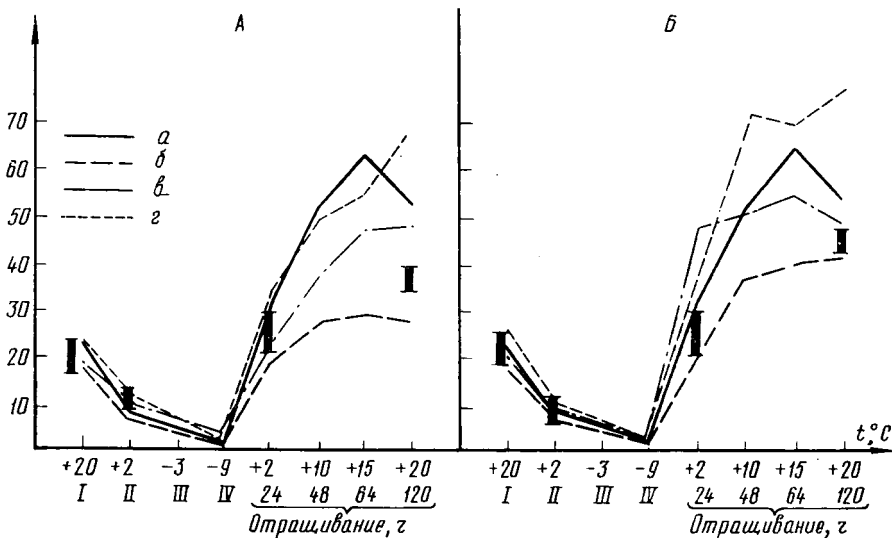


Рис. 2. Влияние ретардантов СССР (А) и алара (Б) на удельную электрическую проводимость тканей стержневого корня люцерны Северной гибридной 69 при закаливании, промораживании и отращивании ( $10^{-6}$  См/м).

I — до закалывания ( $20^{\circ}$ ); II — 1-я фаза закалывания ( $2^{\circ}$ ); III — 2-я фаза закалывания ( $-3^{\circ}$ ); IV — промораживание ( $-9^{\circ}$ ); а — контроль (без обработки); б — обработка препаратами в концентрации 4 г/л; в — 8; г — 32 г/л.

изменения последней лежит перенос ионов. Уменьшение ее коррелирует с ростом жизнеспособности тканей [10, 17].

Удельная электрическая проводимость тканей стержневого корня до закаливания и во время него в вариантах с опрыскиванием препаратами в концентрации 4 г/л была несколько ниже, чем в контроле, а во время отращивания — существенно ниже (рис. 2). При обработке аларом достоверные различия по отношению к контролю отмечались еще до закаливания. Это подтверждает возможность замены температурных воздействий своеобразным «химическим закаливанием» [9, 16]. Обработка аларом в большей степени, чем ССС, способствовала закаливанию люцерны, однако после промораживания количество выживших растений в этом и другом случаях было одинаковым. По выживаемости растений и продуктивности выявлено преимущество ССС. Удельная проводимость в варианте с концентрацией ССС 4 г/л была ниже, чем в контроле, через 24 ч после промораживания при температуре 2°. Эти различия сохранились до конца отращивания. По количеству выживших растений, а также по накоплению биомассы этот вариант существенно превосходил контрольный.

Таблица 2

Удельная электрическая проводимость и морозостойкость люцерны без обработки (числитель) и при обработке ССС, 4 г/л (знаменатель)

Сорт	Удельная электропроводность, 10 <sup>-6</sup> См/м						K <sub>y</sub>	Количество выживших растений, %
	до закаливания	I фаза закаливания	промораживание	при отращивании				
				24 ч, 2°	120 ч, 20°	240 ч, 20°		
Северная гибридная 69	16,4	7,5	1,5	40,8	41,2	34,4	0,40	48
	13,8	5,1	1,3	25,4	26,0	21,7	0,54	76
Славенская местная	20,9	9,6	1,5	69,0	72,0	58,2	0,30	20
	18,7	8,4	1,3	51,8	52,8	42,3	0,36	42
НСР <sub>05</sub>	1,86	1,35	—	13,5	11,5	8,69	0,11	9,94

Таким образом, еще до промораживания по удельной проводимости можно установить оптимальную концентрацию ретарданта.

Через сутки после промораживания, когда невозможно визуально определить степень повреждения, используемый метод обеспечивает раннюю диагностику морозостойкости растений. В результате отпадает необходимость в длительном и дорогостоящем отращивании растений.

Нами установлена зависимость между морозостойкостью и удельной проводимостью тканей стержневого корня люцерны до закаливания, после закаливания и в период отращивания после промораживания. Чем она ниже до промораживания и чем ближе к исходному уровню после промораживания, тем выше морозостойкость люцерны.

Во втором опыте изучали морозостойкость люцерны Северная гибридная 69 и Славенская местная при воздействии температурных и химических (обработка ССС в концентрации 4 г/л) факторов. Изменение морозостойкости люцерны учитывали по удельной проводимости в период закаливания, промораживания и отращивания растений. Как показали исследования, у Северной гибридной 69 проводимость тканей ниже, чем у Славенской местной (табл. 2). Выяснилось также, что при обработке ССС она существенно меньше, чем в контроле, а морозостойкость — выше. Важно отметить, что до закаливания и в период закаливания уже довольно заметны различия по удельной проводимости между сортами, обработанными и контрольными растениями. Однако наиболее четко эти различия проявляются после промораживания.

Для оценки морозостойкости люцерны мы нашли целесообразным ввести коэффициент устойчивости  $K_y$  — отношение удельной электрической проводимости до закалывания ( $20^\circ$ ) к ее уровню после промораживания (при  $2^\circ$ ). Увеличение  $K_y$  свидетельствует о повышении морозостойкости люцерны. У неповрежденных растений  $K_y$  приближается к единице. Обработка люцерны ССС способствовала повышению коэффициента устойчивости у морозостойкого сорта Северная гибридная 69 на 135%, слабоморозостойкого Славенская местная — на 120%. При этом морозостойкость этих сортов соответственно возросла на 28 и 22%.

### Выводы

1. Опрыскивание люцерны в фазу 3—4 настоящих листьев водными растворами хлорхолинхлорида и алара в концентрациях 4 и 8 г/л способствовало повышению морозостойкости люцерны на 12—36%. Количество выживших растений и накопление биомассы достоверно повышались в вариантах с концентрацией препаратов 4 г/л. При концентрации 32 г/л морозостойкость люцерны снижалась. Эффект повышения морозостойкости у ССС выражен сильнее, чем у алара.

2. Обработки ССС в концентрации 4 г/л приводили к повышению морозостойкости морозостойкого сорта Северная гибридная 69 в 1,6 раза, а слабоморозостойкого сорта Славенская местная — в 2,1 раза.

3. Различия в удельной проводимости тканей стержневого корня люцерны, обусловленные различиями в морозостойкости, обнаруживаются еще до промораживания и становятся значительными после промораживания.

4. Для оценки морозостойкости люцерны методом электропроводности целесообразно использовать коэффициент устойчивости  $K_y$  — отношение исходной удельной проводимости тканей к ее уровню после промораживания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Е. Н. О диагностике морозостойкости озимых зерновых по импедансу ткани. — Бюл. ин-та растениеводства. 1976, вып. 63, с. 64—66. — 2. Брянцева З. Н., Киселев В. Е., Валущая А. Г. Влияние регуляторов роста на пигментный комплекс и фенольные соединения в аспекте повышения устойчивости растений к заморозку. — В кн.: Физиол.-биохим. механизмы повреждения и устойчивости растений. Новосибирск, 1981, с. 31—40. — 3. Верзилов В. Ф., Рункова Л. В. Действие физиологически активных веществ на рост и перезимовку некоторых интродуцируемых древесных растений. — В кн.: Фитогормоны и рост растений. М.: Наука, 1978, с. 5—17. — 4. Голодрига П. Я., Осипов А. В. Экспресс-метод и приборы для диагностики морозостойкости растений. — Физиол. и биохим. культурн. раст., 1972, т. 4, вып. 6, с. 650—656. — 5. Гунар И. И., Паничкин Л. А., Эль-Кинани Х. Электропроводность тканей листа пшеницы в зависимости от условий минерального питания и водного режима. — Изв. ТСХА, 1974, вып. 2, с. 3—7. — 6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. — 7. Задонцев А. И., Пикущ Г. Р., Гринченко А. А. и др. Хлорхолинхлорид в растениеводстве. М.: Колос, 1973. — 8. Рябчун О. П., Исаенко В. В., Осадчий И. Я. Диагностика морозостойкости винограда по импедансу

тканей лозы. — В сб.: Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л.: Колос, 1976, с. 184—191. — 9. Соломоновский Л. Я. Влияние хлорхолинхлорида (ССС) на некоторые физиолого-биохимические процессы и холодоустойчивость томатов. — В кн.: Физиол.-биохим. механизмы повреждения и устойчивости растений. Новосибирск, 1981, с. 24—31. — 10. Тарусов Б. Н. Электропроводность как метод определения жизнеспособности тканей. — Архив биол. наук, 1938, т. 52, с. 47—51. — 11. Туманов И. И., Бородин И. Н. Исследование морозостойкости озимых культур прямым замораживанием и косвенными методами. — Тр. по прикл. бот., ген. и сел., 1929, т. 22, вып. 1. — 12. Туманов И. И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. М.—Л.: Сельхозгиз, 1940. — 13. Туманов И. И. Физиология закалывания и морозостойкости растений. М.: Наука, 1979. — 14. Calder F. W., Fensom D. S., Hayden R. I. — Can. J. Plant Sci., 1964, vol. 44, N 6, p. 581—583. — 15. Calder F. W., Macleod L. B., Hayden R. I. — Can. J. Plant Sci., 1966, vol. 46, N 2, p. 185—194. — 16. Calder F. W., e. a. — Can. J. Plant Sci., 1973, vol. 53, N 2, p. 269—278. — 17. Cole K. S. — J. Gen. Physiol., 1932, vol. 15, p. 641—649. — 18. Hayden R. I., Moyse G. A., Calder F. W., Crawford D. R., Fensom D. S. — J. Exp.

- Bot., 1969, vol. 20, N 63, p. 177—200. — 19. Humphries E. C. — Field Crop-Abstracts, 1968, vol. 21, N 2, p. 91—99. — 20. Jung G. A., Schin S. C., Schelton D. C. — Congr. Intern. de Pastagens, 9, San Paulo, Brasil. 7—20, Ganeiro, 1965, vol. 2, N 572. — 21. Lovett J. V., Campbell D. A. — Exp. Agr., 1973, vol. 9, p. 329—336. — 22. Parker J. — Bot Rev., 1969, vol. 29, p. 123—201. — 23. Weaver G. M., Jackson H. O., Strond F. D. — Can. J. Plant Sci., 1968, vol. 48, N 1, p. 37—47. — 24. Wilner J., Brach E. J. — Can. J. Plant Sci., 1974, vol. 54, N 2, p. 281—289.

*Статья поступила 11 января 1983 г.*

#### SUMMARY

Influence of chlorcholinchloride and alar on the productivity and winter hardiness of the two varieties of alfalfa. Severnaya hybrid 69 and Slavenskaya local, was studied. These two varieties are in contrast as to winter hardiness. Winter hardiness was estimated through direct methods and according to specific electric conductivity of tap root tissues of the plant. Spraying with water-solved retardants at the rate of 4 and 8 g/l in the phase of 3—4 true leaves considerably increased winter hardiness (up to 12—36 per cent), accumulation of plant biomass and the number of plants survived. To estimate winter hardiness of alfalfa by method of electric conductivity the resistance coefficient was introduced to express the ratio of specific electric conductivity before hardening (20 °C) to its level after freezing.