

pri udare o nee kapli iskusstvennogo dozhdia. // Ekologiya i stroitelstvo. 2017. № 4. S. 27-36.

4. **Kasianov A.E.** Prirodookhrannye tekhnologii osushitelnykh melioratsii: monografiya. M.: FGBOU VPO MGUP, 2012. 196 s.

5. **Tsytovich N.V.** Mekhanika gruntov (kratkii kurs): Uchebnik dlia stroit. vuzov. M.: Vyssh. shk., 1983. – 288 s.

6. Mekhanika gruntov, osnovaniia i fundamenty: Ucheb. posobie dlia stroit. spets. vuzov / B.S. Ukhov, V.V. Semenov, V.V. Znamenskii [i dr.]; Pod red. S.B. Ukhova. M.: Vyssh. shk., 2007, 566 s.

7. Polevoi opredelitel pochv. M.: Pochvennyi in-t im. V.V. Dokuchaeva, 2008. 182 s.

8. **Zverkov M.S.** Kapelnaia eroziia kak faktor narusheniia plodorodiia pochv oroshayemykh agrolandshaftov // Prirodoobustroistvo. 2013. № 5. S. 31-34.

9. **Zverkov M.S.** Akusticheskaiia diagnostika kapelnoi erozii pochv // Prirodoobustroistvo. 2014. № 3. S. 38-42.

10. **Bryl S.V., Zverkov M.S.** Teoreticheskie podkhody k raschetu vertikalnogo

effektivnogo davleniia udara kapel iskusstvennogo dozhdia o pochvu i tverduiu pov-erkhnost // Ekologiya i stroitelstvo. 2016. № 1. S. 16-20.

11. **Zverkov M.S.** Issledovanie kapelnoi erozii pochv // Innovatsionnye tekhnologii i ekologicheskaiia bezopasnost v melioratsii: sb. nauch. dokladov Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov. Kolomna: Raduga, 2013. S. 65-66.

The material was received at the editorial office
27.09.2018 g.

Information about the author

Zverkov Mikhail Sergeevich, candidate of technical sciences, academic secretary; Federal state budgetary scientific institution «All-Russian scientific research Institute «Raduga», Raduzhnyj, 38, Kolomna district, Moscow region, 140483; Limited liability company «Scientific-research center of environmental engineering and construction», 21 Novaya str., Sergievskoe, Kolomna district, Moscow region, 140491; e-mail: mzverkov@bk.ru

УДК 502/504:631.4:633.31

DOI 10.26897/1997-6011/2018-5-87-92

В.В. ОСИПОВА

Октябрьский филиал федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ТОКСИЧНОСТИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ДЛЯ РАСТЕНИЙ ЛЮЦЕРНЫ

В Республике Саха (Якутия) около 50% всех земельных угодий в разной степени засолены. Наиболее подвержены засолению мерзлотные почвы надпойменных террас долины р. Лена, где по причине интенсивного орошения наблюдается процесс их вторичного засоления. Основная площадь этих земель плодородная и при подборе солеустойчивых культур, какой является люцерна, их можно использовать в сельскохозяйственных целях. В Якутии изучен уровень токсичности солевых растворов на растения люцерны проведена сравнительная оценка сортов люцерны по устойчивости к засолению почв. Исследованиями установлено, что наиболее токсичным для люцерны является сульфатное засоление почв, выявлен устойчивый к высокому уровню засоления сорт люцерны серповидной – Якутская желтая. Сорта люцерны изменчивой Степнячка и Сюлинская также показывают хорошую способность семян прорасти в условиях засоления, но показатели прорастания у этих сортов в основном достоверно ниже, чем у Якутской желтой. Сорт Степнячка можно использовать в селекции по отбору зимостойких и солеустойчивых номеров люцерны.

Засоленность, мерзлотные почвы, солевой раствор, люцерна, сорта.

Введение. По утверждению ряда ученых нашей страны, в районах с засоленными почвами наиболее целесообразно выращивать люцерну, так как она выдерживает содержание солей в почвенном растворе от 0,9 до 1,75% и способствует рассолению

почв [1]. Однако солеустойчивость люцерны зависит от ее возраста и повышается в онтогенезе: молодые проростки и растения первого года жизни наиболее подвержены отрицательному воздействию солей почвенного раствора.

Прорастание семян и рост проростков на растворах различных солей является одним из диагностических методов оценки солеустойчивости растений, который позволяет выделить их «зону адаптации» – ту амплитуду стрессовых условий, к которым растения в состоянии адаптироваться. При общей тенденции к угнетению ростовых процессов рост проростков ингибируется при засолении в большей степени, чем процессы прорастания семян [2].

Материал и методы исследований.

Нами был использован именно показатель прорастания в силу быстроты метода оценки на солеустойчивость. Объектами исследований являлись семена сортов люцерны серповидной – Якутская желтая, люцерны изменчивой – Северная гибридная, Степнячка, Сюлинская, Флора 4. Основные типы засоления почв были смоделированы в чашках Петри (хлоридный, сульфатный, сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный) [3].

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены результаты сравнительной оценки сортов люцерны по прорастанию семян на солевых растворах. Данные таблицы свидетельствуют о том, что по мере увеличения уровня как хлорида, так и сульфата натрия от 1,0% до 3,0% снижается способность семян к прорастанию (от 89% до 0%). Наибольшей токсичностью является 3% уровень сульфатного засоления, когда прорастание семян всех сортов полностью ингибировано. Хлоридное засоление в такой же концентрации в значительной степени ингибирует прорастание семян. Наименьший уровень засоления (0,5% каждой соли) стимулировал прорастание семян у некоторых сортов люцерны. Так, действие 0,5% хлорида натрия стимулировало этот процесс у растений сортов Якутская желтая, Степнячка и Сюлинская соответственно на 6, 5 и 7% по сравнению с контролем.

Такое стимулирование процессов прорастания может быть вызвано физиологическими особенностями сортов, в частности их физиологической адаптацией. У других сортов (Северная гибридная, Флора 4) этот уровень хлоридного засоления не вызвал значительных изменений процесса прорастания (86 и 87% соответственно при контроле 86 и 88%) (табл. 1).

Действие 0,5% сульфатного засоления также вызвало у некоторых сортов активацию процессов прорастания, но незначительнее, чем при хлоридном засолении. Так, прорастание семян повысилось на 4 и 2% по сравнению

с контролем у сортов Якутская желтая и Степнячка. Остальные сорта (Северная гибридная, Сюлинская и Флора 4) не показали заметного изменения показателей прорастания семян (85, 82 и 87% при 86, 82 и 88% в контроле).

Проращивание семян разных сортов люцерны при 1% хлоридном засолении не вызывает значительного снижения количества проросших семян. Разница с контролем здесь варьирует в пределах от 6% (сорт Сюлинская) до 16% (сорт Северная гибридная). Для прорастания семян является сульфатное засоление (табл. 1). Вероятно, такая концентрация, как хлорида, так и сульфата натрия является в данном случае «порогом токсичности» для процессов прорастания семян. Повышение уровня как хлоридного, так и сульфатного засоления с 1,5 до 2% значительно снижает процессы прорастания семян, что в равной степени относится ко всем сортам, при этом наиболее токсичным. Так, например, при действии 2,0% концентрации хлорида натрия показатель прорастания семян составил у сорта Якутская желтая 54%, тогда как при соответствующем уровне сульфата натрия – 36%, что достоверно ниже. По остальным сортам люцерны прорастание семян при сульфатном засолении также имеет достоверно более низкие показатели, чем при хлоридном. Полученные нами данные согласуются с мнением Б.П. Строгонова [4], а также А.В. Железнова и Н.Д. Горячевой [5] о большей токсичности сульфата натрия по сравнению с хлоридом.

В отличие от действия отдельных солей их комплекс не вызывает активации прорастания семян у сортов люцерны, также не выявлено значительных различий между сортами по прорастанию семян при разных соотношениях солей. Смесь солей в соотношении 0,5 : 0,5 (сульфатно-хлоридное засоление) не вызывает снижения процессов прорастания у всех сортов, при этом даже намечена тенденция к увеличению прорастания в пределах от 1 до 2%. По данным Удовенко Г.В. [3] смеси солей могут быть менее токсичны, чем каждая из них в отдельности. Однако эта закономерность, как показывают полученные нами результаты, проявляется только в пределах определенных концентраций солей в их смеси. Так, почти одинаковый уровень прорастания семян обнаружен нами при концентрации 1% как хлорида, так и сульфата натрия, а также при соотношении солей 0,5 : 0,5 (в сумме 1%) сульфатно-хлоридного засоления. Однако более высокий фон засоления (1,5-2%), создаваемый каждой

из солей в отдельности, в большей степени угнетает прорастание, чем смесь солей (в сумме 1,5 и 2%) при их соотношении 0,5 : 1,5; 1 : 1 и 0,5 : 1,5. Доказательством большей токсичности отдельных солей по сравнению

с их смесью может также являться тот факт, что «порог токсичности» для смеси составил 1% (при соотношении 0,5 : 0,5 сульфатно-хлоридного засоления), тогда как для каждой из солей он составил 0,5% (табл. 1).

Таблица 1

Прорастание семян сортов люцерны при различных концентрациях и соотношениях сульфата и хлорида натрия, %

Концентрация соли, %	Сорта				
	Якутская желтая	Северная гибридная	Степнячка	Сюлинская	Флора 4
Контроль	85	86	90	82	88
Хлоридное чистое засоление					
0,5	91	86	95	89	87
1,0	82	82	86	80	84
1,5	41	39	26	23	22
2,0	24	22	14	18	17
2,5	14	16	28	24	3
3,0	8	0	5	0	0
НСР ₀₅ для частных средних – 5,2					
Сульфатное чистое засоление					
0,5	89	85	92	82	87
1,0	79	78	80	76	76
1,5	30	23	11	13	12
2,0	15	15	9	7	8
2,5	8	7	13	9	4
3,0	0	0	0	0	0
НСР ₀₅ для частных средних – 7,8					
Сульфатно-хлоридное засоление					
0,5: 0,5	87	85	91	82	89
0,5: 1	65	49	48	52	46
1 : 1	35	32	27	43	34
НСР ₀₅ для частных средних – 7,0					
Хлоридно-сульфатное засоление					
0,5 : 1,5	26	18	23	30	10
0,5 : 2	7	2	5	3	0
1 : 1,5	15	7	11	7	0
НСР ₀₅ для частных средних – 2,7					
Хлоридное засоление					
1,5 : 0,5	44	41	39	33	37
2 : 1	23	5	17	26	2
3 : 1	9	0	3	7	0
НСР ₀₅ для частных средних – 2,6					
НСР ₀₅ по фактору «засоление» – 2,5					
НСР ₀₅ по сортам – 3,6					

Наиболее токсичное действие оказало хлоридно-сульфатное засоление на фоне возрастающих концентраций сульфата натрия в смеси. Так, если хлоридному засолению при соотношении хлорида и сульфата натрия 1,5 : 0,5 (в сумме 2%) соответствует у сорта Якутская желтая 44% проросших семян, то хлоридно-сульфатному засолению при той же сумме

солей (соотношение хлорида и сульфата натрия 0,5 : 1,5) – только 26%. При дальнейшем повышении уровня сульфата натрия в смеси до 2% прорастание семян резко подавлялось, варьируя в пределах от 0% у сорта Флора 4 до 7% у сорта Якутская желтая (табл. 1).

Как показали результаты опыта, наиболее устойчивым к высокому уровню засоления

оказался сорт Якутская желтая. Сорта Степнячка и Сюлинская также показали хорошую способность семян прорасти в условиях засоления, но показатели прорастания у этих сортов в основном достоверно ниже, чем у Якутской желтой. Сорта Северная гибридная и Флора 4 при жестких условиях (от 2,5 до 3%) засоления показывают более низкий процент прорастания семян, чем остальные сорта.

Наряду с тем, что сортам люцерны присущ ряд тенденций, отражающих влияние обеих солей и их смесей на процессы прорастания, следует подчеркнуть, что по уменьшению способности к прорастанию

семян их можно расположить следующим образом: Якутская желтая – Степнячка – Сюлинская – Северная гибридная – Флора 4.

Исходя из того, что солеустойчивость образцов при прорастании их семян в солевых растворах можно сравнивать по нескольким показателям (количеству проросших семян, длине корня проростков, их биомассе и др.), для сравнительной оценки учитывались как количество проросших семян, так и длина корня семидневных проростков люцерны.

В таблице 2 показана зависимость роста корней у сортов от концентрации солей хлорида и сульфата натрия, а также их смесей.

Таблица 2

Влияние различных концентраций и соотношений сульфата и хлорида натрия на длину корней проростков люцерны, см/% к контролю

Концентрация соли, %	Сорта				
	Якутская желтая	Северная гибридная	Степнячка	Сюлинская	Флора 4
Контроль	3,45	4,23	3,80	3,42	3,57
Хлоридное чистое засоление					
0,5	3,30 / 96	4,05 / 96	3,76 / 99	3,38 / 99	3,12 / 87
1,0	2,87 / 83	3,20 / 76	2,54 / 67	2,56 / 75	2,00 / 56
1,5	1,06 / 31	0,98 / 23	1,23 / 32	0,87 / 25	0,96 / 27
2,0	0,52 / 15	0,33 / 8	0,30 / 8	0,25 / 7	0,18 / 5
2,5	0,21 / 6	0,14 / 3	0,17 / 4	0,12 / 4	0,12 / 3
3,0	0,17 / 5	-	0,10 / 3	-	-
НСР ₀₅ по частному среднему – 0,98					
Сульфатное чистое засоление					
0,5	3,45 / 100	3,78 / 89	3,67 / 96	3,41 / 100	3,14 / 88
1,0	2,45 / 71	2,85 / 67	2,34 / 62	2,26 / 66	1,87 / 52
1,5	0,82 / 24	0,87 / 20	1,20 / 32	0,62 / 18	0,95 / 27
2,0	0,18 / 5	0,13 / 3	0,15 / 4	0,13 / 4	0,10 / 3
2,5	0,16 / 5	0,10 / 2	0,09 / 2	0,09 / 3	0,08 / 2
3,0	-	-	-	-	-
НСР ₀₅ по частному среднему – 0,12					
Сульфатно-хлоридное засоление					
0,5 : 0,5	2,88 / 83	3,65 / 86	2,96 / 78	2,84 / 83	2,15 / 60
0,5 : 1	1,23 / 36	1,42 / 33	1,55 / 41	1,28 / 37	1,34 / 38
1 : 1	0,67 / 19	0,65 / 15	0,43 / 11	0,37 / 11	0,30 / 8
НСР ₀₅ по частному среднему – 0,12					
Хлоридно-сульфатное засоление					
0,5 : 1,5	0,97 / 28	0,95 / 22	0,48 / 13	0,54 / 16	0,58 / 16
0,5 : 2	0,30 / 9	0,23 / 5	0,26 / 7	0,21 / 6	-
1 : 1,5	0,41 / 12	0,24 / 6	0,18 / 5	0,25 / 7	-
НСР ₀₅ по частному среднему – 0,10					
Хлоридное засоление					
1,5 : 0,5	0,86 / 25	0,88 / 21	0,90 / 24	0,64 / 19	0,77 / 22
2 : 1	0,23 / 7	0,17 / 4	0,15 / 4	0,25 / 7	0,42 / 12
3 : 1	0,12 / 3	-	0,08 / 2	0,10 / 3	-
НСР ₀₅ для частных средних – 0,02					
НСР ₀₅ по фактору «засоление» – 0,56					
НСР ₀₅ по сортам – 0,43					

Результаты анализов доказали, что в целом все тенденции, выявленные для процессов прорастания, отражаются также у сортов при росте корня проростков, однако этот процесс более чувствителен к засолению. Если, как упоминалось выше, «порог токсичности» солей хлорида и сульфата натрия составил для прорастания 1%, то для роста корня – соответственно 0,5% каждой из солей. Если рассматривать как один из критериев солеустойчивости длину первичного корня проростков, то сорта люцерны можно расположить по степени снижения устойчивости к хлоридному и сульфатному засолению следующим образом: Якутская желтая – Степнячка – Сюлинская – Северная гибридная – Флора 4.

При действии сульфатно-хлоридной и хлоридно-сульфатной смесей солей сорта ранжируются по степени понижения устойчивости в следующем порядке: Якутская желтая – Северная гибридная – Сюлинская – Степнячка – Флора 4; при действии хлоридного засоления с разным соотношением Na и Cl: Якутская желтая – Степнячка – Сюлинская – Флора 4 – Северная гибридная.

Такое ранжирование сортов люцерны по признаку устойчивости к засолению будет, по-видимому, более логичным, поскольку основано на влиянии солей непосредственно на ростовые процессы наиболее чувствительной к действию соли фазы онтогенеза люцерны.

Выводы

При возделывании люцерны на засоленных землях следует избегать почв с сульфатным засолением; из исследованных со-

ртов люцерны самым солеустойчивым можно назвать зимостойкий сорт Якутская желтая. Сорт Сюлинская уступает по солеустойчивости Якутской желтой в пределах от 2 до 12%. Сорт люцерны Степнячка можно рекомендовать для селекции по отбору зимостойких и солеустойчивых номеров.

Библиографический список

1. **Осипова В.В.** Научное обоснование технологии возделывания люцерны (*Medicago L.*) в адаптивном земледелии Республики Саха (Якутия). / Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – М.: – 2018. – 395 с.
2. **Удовенко Г.В.** Солеустойчивость растений. – Л.: Наука, 1977. – 215 с.
3. **Денисов Г.В., Стрельцова В.С.** Люцерна в Якутии. – Новосибирск: Наука, 2000. – 201 с.
4. **Строганов Б.П.** Физиологические основы солеустойчивости растений. – М: Изд-во АН СССР, 1962. – 366 с.
5. **Железнов А.В., Горячева Н.Д.** Изучение соле-устойчивости люцерны. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1983. – № 2. – С. 45-48.

Материал поступил в редакцию 03.07.2018 г.

Сведения об авторе

Осипова Валентина Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой агрономии, Окемский филиал Якутской ГСХА; 678011, Республика Саха (Якутия), Окемцы, пер. Моисеева д.16. Тел.: +7(914)2614639, e-mail: luzerna_2008@mail.ru

V.V. OSIPOVA

Ocemsky branch of FSEI HVE «Yakut state agricultural academy», Russian Federation.

DETERMINATION OF TOXICITY LEVELS OF SALINE SOILS FOR ALFALFA PLANTS

In the Republic of Sakha (Yakutia) about 50% of all arable lands are saline to a varying degree. Permafrost soils of the floodplain terraces of the Lena river valley are most subject to salinization where because of intensive irrigation the process of their secondary salinization is observed. The main area of these lands is fertile and when selecting salt-resistant crops which is alfalfa they can be used for agricultural purposes. In Yakutia, the toxicity level of saline solutions on alfalfa plants was studied and a comparative assessment of alfalfa varieties for resistance to soil salinization was carried out. Studies have found that the most toxic to alfalfa is sulfate salinization of soils, it has been found that the variety of alfalfa Crescent Yakut yellow is resistant to high levels of salinity. Varieties of alfalfa changeable Stepnyachka and Syulinskaya also show a good ability of seeds to germinate under saline conditions however, the indicators of germination of these varieties are significantly lower than in the Yakut yellow one. The grade Stepnyachka can be used in breeding for selection of winter hardy and salt resistant alfalfa kinds.

Salinity, permafrost soils, saline solution, alfalfa, varieties.

References

1. **Osipova V.V.** Nauchnoe obosnovanie tehnologii vozdeleyvaniya lyutserny (*Medicago L.*) v adaptivnom zemledelii Respubliki Saha (Yakutiya). / Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora sel'skokozyajstvennyh nauk. – M.: – 2018. – 395 s.
2. **Udovenko G.V.** Soleustoichivost rastenij. – L.: Nauka, 1977. – 215 s.
3. **Denisov G.V., Streljtsov V.S.** Lyutserna v Yakutii. – Novosibirsk: Nauka, 2000. – 201 s.
4. **Stroganov B.P.** Fiziologicheskie osnovy soleustoichivosti rastenij. – M: Izd-vo AN SSSR, 1962. – 366 s.

5. **Zheleznov A.V., Goryacheva N.D.** Izuchenie soleustoichivosti lyutserny. // Sibirsky vestnik sel'skokozyajstvennoj nauki. – 1983. – № 2. – S. 45-48.

The material was received at the editorial office
03.07.2018 g.

Information about the author

Osipova Valentina Valentinovna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the chair of agronomy, Octemsky branch of Yakut GSHA; 678011, Republic Saha (Yakutia), Oktemtsy, per. Moiseeva, d. 16, Tel.: +7(914)2614639, e-mail: luzerna_2008@mail.ru

УДК 502/504: 631.432:631.44:633.43

DOI 10.26897/1997-6011/2018-5-92-97

В.В. ПЧЁЛКИН, С.О. ВЛАДИМИРОВ, О.М. КУЗИНА

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА ИХ ПЛОДОРОДИЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ

На основании опытных данных получены результаты влияния водного режима на плодородие дерново-подзолистых почв водоразделов Московской области при выращивании столовой моркови. Представлена методика проведения исследований на опытных делянках и в лизиметрах. Выполнен анализ агрохимических характеристик почвы в начале опытов (перед посевом столовой моркови 2013 г.) и в конце опытов (после уборки урожая 2015 г.). Показатели солевой кислотности в почве по $pH_{КСЛ}$ за период вегетации 2012 г. оказались приблизительно равными по значению на всех вариантах независимо от влажности почвы. Кислотность по $pH_{сол}$ на варианте без полива уменьшилась с 7,8 до 7,5 мг/кг, а на всех вариантах с поливом увеличилась с 7,6 до 8,0 мг/кг. За период весна 2012 г. – осень 2013 г. гидролитическая кислотность почвы на всех вариантах понизилась. Величина понижения зависела от влажности почвы. Так при влажности почвы (0,38-0,48) ПВ, (0,6-0,7) ПВ, (0,7-0,8) ПВ, (0,8-0,9) ПВ снижение составило соответственно 0,39, 0,28, 0,23, 0,10 мг-экв/100 г почвы. За период весна 2012 – осень 2013 г. поддержание влажности дерново-подзолистой почвы на уровне (0,6-0,8) ПВ привело к повышению подвижных форм: по фосфору на 62-191 мг/кг; по калию на 11-39 мг/кг. По азоту произошло снижение на всех вариантах: по азоту (NO_3) на 1,10-2,73 мг/кг, по азоту (NH_4) на 2,48-4,79 мг/кг. За период весна 2012 г. – осень 2013 г содержание гумуса на варианте без орошения повысилось на 0,20%. На делянках с орошением повышение составило с влажностью почвы (0,70-0,80) ПВ на 0,20%; а с влажностью почвы (0,60-0,70) ПВ на 0,40%; с влажностью почвы (0,80-0,90) ПВ на 0,50%. Различия в увлажненности почвы значительного воздействия на количество Са и Mg в пахотном слое дерново-подзолистой почвы не оказали.

Агрохимические свойства почв, плодородие почв, кислотность почв, органическое вещество, минеральные удобрения, гумус столовой моркови, водный режим, столовая морковь, урожайность.

Введение. Изменение плодородия почв связано с совокупностью биологических, химических и физических факто-

ров [1]. При этом поливаемые земли водораздельных площадей, вводимые в производственный оборот, должны повышать уро-