

## ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЕ НАТРИЯ И ХЛОРА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, Н.К. Лукашенко  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Хлор является важным биогенным элементом. В малых дозах хлор способствует росту и развитию растений, участвует в энергетическом обмене у растений, активируя окислительное фосфорилирование. Он необходим для образования кислорода в процессе фотосинтеза и стимулирует вспомогательные процессы фотосинтеза, прежде всего те из них, которые связаны с аккумулярованием энергии. Хлор положительно влияет на поглощение корнями кислорода, соединений калия, кальция, магния [1].

Натрий относится к биогенным макроэлементам. Физиологическая значимость натрия определяется его участием в регулировании водно-солевого обмена у животных организмов и в создании постоянного осмотического давления в растительной клетке. В растительном организме натрий может заменить неспецифические функции калия. Растения способны усваивать натрий в разных количествах. Основные сельскохозяйственные культуры подразделяют на группы с высокой (кормовая, сахарная и столовая свекла, мангольд, сельдерей, шпинат, томаты), средней (люпин, овес, капуста, картофель, турнепс), низкой (пшеница, ячмень, просо, лен, репа) и очень низкой (гречиха, кукуруза, рис, соя, брюква) степени поглощения натрия. В повышенном обеспечении натрием нуждаются пастбищные травы. Внесение натриевых удобрений на пастбищах повышает поступление в растения магния, нормализует соотношение в них натрия-калия, что в целом улучшает качество травяного корма и его усвоение животными [2].

Наряду с положительными физиологическими функциями хлора и натрия легко растворимые соли этих элементов, поступающие в почву в избыточных количествах в результате деятельности некоторых производств (к которым, в первую очередь, относятся предприятия по производству калийных удобрений), могут оказывать негативное влияние на растения.

Избыточные концентрации водорастворимых солей натрия и хлора в почве оказывают отрицательное влияние на способность растений адсорбировать из почвенного раствора влагу, необходимую для ростовых процессов, влияют на различные физиологические процессы в растениях. Избыток обменного натрия может привести к набуханию и (или) распылению почвы, что создает ряд трудностей для инфильтрации воды в почву, аэрации и проникновения корней [3].

Отрицательное воздействие солей натрия и хлора сказывается на растениях на самых ранних этапах развития [4, 5], в период набухания и прорастания семян [6, 7]. В течение всего периода прорастания повышается осмотический потенциал клетки, снижается скорость поглощения воды и интенсивность набухания семян, и как следствие – их прорастание. Высокое содержание натрия и хлора в почве задерживает появление всходов растений, растягивает период от начала появления до полных всходов, тормозит ростовые процессы. В большей степени чувствительны к засолению корни, чем наземные органы растений. Неравномерность роста и развития, резкое нарушение общего метаболизма у растений на почвах с избыточным содержанием этих элементов приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, или к полной гибели растений [4, 8]. В условиях хлоридного засоления снижаются темпы развития растения в первой половине вегетации, и ускоряются – во второй. К избыточным концентрациям этого элемента в меньшей степени чувствительны зерновые культуры (ячмень, кукуруза, сорго), подсолнечник, суданская трава, свекла, в большей – лен, картофель и гречиха [9, 10].

Последствия засоления для метаболизма растений могут быть необратимо глубокими. Дефицит влаги, возникающий в растениях при засолении почв легко растворимым натрием и хлором, вызывает денатурацию белков, что отрицательно сказывается на жизненно важных процессах [11]. Засоление почв оказывает отрицательное влияние на активность фотосинтетического аппарата, [12, 13, 14], угнетает механизм циклического фотофосфорилирования, вызывает структурные изменения хлоропластов – вакуолизацию, разрушение основных элементов мембранной фотосинтезирующей системы, уплотнение белковой основы пластид (стромы) [15].

Легкорастворимые соли натрия и хлора оказывают влияние на фенольный комплекс, который регулирует рост растений и активность некоторых оксидоредуктаз [16]. Воздействие высокой ионной силы элементов вызывает перераспределение фенолов по органам растений: в листьях – в сторону уменьшения, в корнях и стеблях – в сторону увеличения. При этом фенолы распределяются и внутри клеток, скапливаясь в клеточной оболочке и митохондриях, что ведет к торможению роста и развития растений.

Цель настоящих исследований заключалась в установлении степени фитотоксичности натрия и хлора на урожайность яровой пшеницы и ячменя при разных уровнях содержания этих элементов в почве.

## МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2008-2009 гг. в условиях вегетационного эксперимента на дерново-подзолистой супесчаной почве были проведены исследования с яровой пшеницей сорта Рассвет и яровым ячменем сорта Сябра.

Почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,07-2,3%; pH – 5,5-5,9; содержание подвижных форм фосфора – 120-150, калия – 180-200 мг/кг. Содержание водорастворимого натрия – 12-15, хлора – 20-25 мг/кг почвы. Растения выращивали в вегетационных сосудах с массой почвы 5,5 кг. После появления всходов в каждом сосуде оставляли по 20 растений пшеницы и ячменя. Повторность в опыте пятикратная.

Уровни содержания натрия и хлора в почве были созданы путем внесения солей NaCl, NaHCO<sub>3</sub> и NH<sub>4</sub>Cl. Схема опыта в условиях хлоридно-натриевого загрязнения (NaCl) включала следующие варианты: Фон ~ Na<sub>12-15</sub>Cl<sub>20-25</sub> мг/кг; Na<sub>50-70</sub>Cl<sub>95-130</sub>; Na<sub>120-150</sub>Cl<sub>220-240</sub>; Na<sub>250-300</sub>Cl<sub>575-670</sub> мг/кг почвы, в условиях натриевого загрязнения (NaHCO<sub>3</sub>): Фон ~ Na<sub>12-15</sub> мг/кг; Na<sub>50-70</sub>; Na<sub>120-150</sub>; Na<sub>250-300</sub>; Na<sub>400-500</sub> мг/кг почвы, в условиях хлоридного загрязнения (NH<sub>4</sub>Cl): Cl<sub>20-25</sub> – (фон); Cl<sub>120-140</sub>; Cl<sub>150-170</sub>; Cl<sub>220-240</sub>; Cl<sub>350-400</sub> мг/кг почвы.

В качестве удобрений были использованы карбамид, аммофос и хлористый калий.

В течение вегетационного периода за растениями велись фенологические наблюдения. В исследованиях был проведен учет и анализ структуры урожая зерновых культур.

Содержание водорастворимого натрия в почве определяли по ГОСТ 26427-85, хлора – по ГОСТ 26425-85. Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием метода дисперсионного анализа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период вегетации на растениях пшеницы и ячменя визуально диагностировались признаки избытка натрия и хлора, причем в самые ранние периоды роста и развития. При хлоридно-натриевом загрязнении на уровне Na<sub>120-150</sub>Cl<sub>220-240</sub> отмечалось более позднее и затяжное появление всходов. При уровне загрязнения Na<sub>250-300</sub>Cl<sub>575-670</sub> всхожесть растений ячменя составила 30%, растений пшеницы – 80%. В фазе кущения и трубкования при этом уровне хлоридно-натриевого загрязнения отмечалось явное отставание в росте и развитии растений пшеницы и, в большей степени, ячменя – высота растений была в 2-2,5 раза ниже, чем на контроле. При концентрации натрия и хлора более 1000 мг/кг почвы в сосудах появились единичные всходы ячменя (которые в последствии погибли), а всходы пшеницы вообще отсутствовали.

В условиях натриевого загрязнения при содержании водорастворимого натрия на уровне 250-300 мг/кг почвы отмечалось затяжное появление всходов как у пшеницы, так и у ячменя, в последующие фазы прослеживалось явное отставание в росте и развитии растений. При содержании водорастворимого натрия на уровне 400-500 мг/кг почвы произошла полная гибель растений обеих культур в фазе единичных всходов. При загрязнении натрием на уровне 250-300 мг/кг замечено уплотнение почвы, а при уровне загрязнения 400-500 мг/кг – сильное уплотнение почвы и образование сплошной корки с признаками “высаливания”.

В условиях хлоридного загрязнения на уровне 120-400 мг Cl/кг почвы явных признаков угнетения растений пшеницы и ячменя в период вегетации визуально не установлено.

В годы исследований урожайность зерна яровой пшеницы при фоновом содержании водорастворимого натрия и хлора в почве на уровне Na<sub>12-15</sub>Cl<sub>20-25</sub> мг/кг варьировала в пределах 21,2-23,5 г/сосуд, и в среднем составила 22,4 г/сосуд (табл. 1).

Таблица 1

**Урожайность яровой пшеницы и ячменя при разных уровнях содержания в почвенатрия и хлора**

| Содержание Na и Cl в почве, мг/кг             | Пшеница        |             |                 |             | Ячмень         |             |                 |             |
|---|----------------|-------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|
|   | зерно, г/сосуд | ± к фону, % | солома, г/сосуд | ± к фону, % | зерно, г/сосуд | ± к фону, % | солома, г/сосуд | ± к фону, % |
| Na <sub>12-15</sub> Cl <sub>20-25</sub> (фон) | 22,4           |             | 22,7            |             | 16,4           |             | 18,8            |             |
| Na <sub>50-70</sub> Cl <sub>95-130</sub>      | 21,5           | 4,0         | 22,6            | 0,4         | 16,2           | 1,2         | 18,6            | 1,1         |
| Na <sub>120-150</sub> Cl <sub>220-240</sub>   | 19,4           | 13,4        | 21,4            | 5,7         | 12,7           | 22,6        | 16,5            | 12,2        |
| Na <sub>250-300</sub> Cl <sub>575-670</sub>   | 11,8           | 47,3        | 17,6            | 22,5        | 11,9           | 27,4        | 16,2            | 13,8        |
| HCP <sub>05</sub>                             | 1,9            |             | 0,8             |             | 1,8            |             | 2,1             |             |

Содержание водорастворимого натрия и хлора в почве на уровне  $Na_{50-70}Cl_{195-130}$  мг/кг не оказало существенного влияния на урожайность зерна пшеницы. Снижение урожайности зерна установлено при содержании водорастворимого натрия и хлора в почве  $Na_{120-150}Cl_{220-240}$  мг/кг. В среднем за 2 года урожайность на этом уровне загрязнения снизилась на 13,4%. Фитотоксичность хлорида натрия на растения яровой пшеницы в полной мере проявилась при загрязнении на уровне  $Na_{250-300}Cl_{575-670}$  мг/кг почвы, в среднем за 2 года урожайность зерна снизилась на 47,3%.

Исследования, проведенные с ячменем, показали, что угнетение роста и развития растений и снижение урожайности зерна на 22,6% по сравнению с фоновой урожайностью отмечалось при содержании элементов в почве на уровне  $Na_{120-150}Cl_{220-240}$  мг/кг. При повышении загрязнения почвы до уровня  $Na_{250-300}Cl_{575-670}$  мг/кг урожайность зерна ячменя снизилась на 27,4%, однако, снижение было меньшим, чем у пшеницы.

С увеличением уровней загрязнения почвы натрием и хлором отмечено снижение урожайности соломы пшеницы и ячменя. При содержании  $Na_{120-150}Cl_{220-240}$  мг/кг урожайность соломы пшеницы и ячменя по сравнению с фоновым вариантом снизилась на 5,7% и 12,2%, соответственно. При содержании элементов в почве на уровне  $Na_{250-300}Cl_{575-670}$  мг/кг урожайность соломы пшеницы снизилась на 22,5%, ячменя – на 13,8%. Следует заметить, однако, что урожайность соломы пшеницы и ячменя на всех уровнях загрязнения почвы снижалась в меньшей степени, чем урожайность зерна, соотношение «солома: зерно» при этом увеличивалось. При увеличении содержания в почве натрия и хлора с фонового ( $Na_{12-15}Cl_{20-25}$ ) до фитотоксических уровней ( $Na_{120-150}Cl_{220-240}$  и  $Na_{250-300}Cl_{575-670}$ ) отношение соломы к зерну увеличивалось у пшеницы в среднем за 2 года с 1:1 до 1:1,1 и 1:1,95, соответственно (табл. 2). У ячменя при таких же уровнях загрязнения соотношение «зерно: солома» изменялось с 1:1,15 до 1:1,3 и 1:1,36.

Анализ качества зерна (по массе 1000 зерен) показал, что с повышением уровня загрязнения почвы натрием и хлором масса 1000 зерен уменьшалась. Так, у пшеницы этот показатель снизился на 4,5 г или 13,6% (с 33,1 г в фоновом варианте, до 28,6 г – при уровне загрязнения  $Na_{120-150}Cl_{220-240}$ ). Аналогичная закономерность наблюдалась и у ячменя, масса 1000 зерен на уровне загрязнения  $Na_{120-150}Cl_{220-240}$  снизилась на 3,7 г или на 10,3%.

Таблица 2

**Влияние уровней содержания натрия и хлора в почве на структуру урожая и качество зерна**

| Содержание Na и Cl в почве, мг/кг | Пшеница       |                     |             |      | Ячмень        |                     |             |      |
|-----------------------------------|---------------|---------------------|-------------|------|---------------|---------------------|-------------|------|
|                                   | зерно: солома | масса 1000 зерен, г | ± к фону, % |      | зерно: солома | масса 1000 зерен, г | ± к фону, % |      |
|                                   |               |                     | г/сосуд     | %    |               |                     | г/сосуд     | %    |
| $Na_{12-15}Cl_{20-25}$ (фон)      | 1:1,01        | 33,1                |             |      | 1:1,15        | 35,8                |             |      |
| $Na_{50-70}Cl_{195-130}$          | 1:1,06        | 31,6                | -1,5        | 4,5  | 1:1,15        | 36,2                | 0,4         | 1,1  |
| $Na_{120-150}Cl_{220-240}$        | 1:1,14        | 28,6                | -4,5        | 13,6 | 1:1,30        | 32,1                | -3,7        | 10,3 |
| $Na_{250-300}Cl_{575-670}$        | 1:1,95        | 26,0                | -7,1        | 21,4 | 1:1,36        | 29,8                | -6,0        | 16,8 |
| HCP <sub>05</sub>                 |               | 1,6                 |             |      |               | 3,7                 |             |      |

При максимальном содержании элементов в почве  $Na_{250-300}Cl_{575-670}$  масса 1000 зерен у пшеницы яровой и ячменя снизилась соответственно на 21,4% и 16,8%.

В условиях натриевого загрязнения ( $NaHCO_3$ ) при содержании водорастворимого натрия в почве на уровне 50-70 мг/кг отмечалась тенденция к снижению урожайности зерна яровой пшеницы на 3,6% по сравнению с фоновым вариантом (табл. 3).

Таблица 3

**Урожайность яровой пшеницы и ячменя при разных уровнях содержания в почве водорастворимого натрия**

| Содержание водорастворимого Na в почве, мг/кг | Пшеница          |             |                 |             | Ячмень           |             |                 |             |
|---|------------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|
|   | зерно, г/сосуд   | ± к фону, % | солома, г/сосуд | ± к фону, % | зерно, г/сосуд   | ± к фону, % | солома, г/сосуд | ± к фону, % |
| $Na_{12-15}$ (фон)                            | 22,4             |             | 22,7            |             | 16,9             |             | 18,1            |             |
| $Na_{50-70}$                                  | 21,6             | 3,6         | 23,4            | 3,1         | 16,0             | 5,3         | 18,2            | 0,5         |
| $Na_{120-150}$                                | 20,9             | 6,7         | 23,9            | 5,3         | 15,3             | 9,5         | 17,1            | 5,5         |
| $Na_{250-300}$                                | 17,6             | 21,4        | 22,6            | 0,4         | 8,8              | 47,9        | 13,4            | 26,0        |
| $Na_{400-500}$                                | Растения погибли |             |                 |             | Растения погибли |             |                 |             |
| HCP <sub>05</sub>                             | 2,2              |             | 1,3             |             | 1,7              |             | 1,9             |             |

Фитотоксичность натрия на растения яровой пшеницы проявилась при содержании элемента в почве на уровне 250-300 мг/кг, причем, в большей степени, в 2009 году. В среднем за 2 года при данном уровне загрязнения урожайность зерна снизилась на 21,4 % (с 22,4 до 17,6 г/сосуд). При увеличении концентрации натрия в почве до 400-500 мг/кг произошла полная гибель растений.

В условиях натриевого загрязнения фитотоксическое действие натрия в большей степени проявилось на растениях ячменя, чем пшеницы. Снижение урожайности зерна на 9,5%, по сравнению с фоновым вариантом, установлено при содержании водорастворимого натрия в почве на уровне 120-50 мг/кг, при повышении концентрации элемента до 250-300 мг/кг урожайность снизилась на 47,9%.

В исследованиях установлено, что с увеличением концентрации натрия в почве с фонового  $Na_{12-15}$  до фитотоксических  $Na_{120-150}$  и  $Na_{250-300}$  соотношение "зерно:солома" у пшеницы яровой увеличивалось с 1:1,01 до 1:1,20 и 1:1,53 (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние уровней содержания натрия в почве на структуру урожая и качество зерна**

| Содержание водорастворимого Na в почве, мг/кг | Пшеница        |                     |             |      | Ячмень         |                     |             |      |
|---|----------------|---------------------|-------------|------|----------------|---------------------|-------------|------|
|   | зерно : солома | масса 1000 зерен, г | ± к фону, % |      | зерно : солома | масса 1000 зерен, г | ± к фону, % |      |
|   |                |                     | г/сосуд     | %    |                |                     | г/сосуд     | %    |
| $Na_{12-15}$ (фон)                            | 1:1,01         | 33,4                |             |      | 1:1,07         | 35,5                |             |      |
| $Na_{50-70}$                                  | 1:1,09         | 30,5                | -2,9        | 8,7  | 1:1,14         | 34,1                | -1,4        | 3,9  |
| $Na_{120-150}$                                | 1:1,20         | 28,5                | -4,9        | 14,7 | 1:1,13         | 27,5                | -8,0        | 22,5 |
| $Na_{250-300}$                                | 1:1,53         | 25,1                | 8,3         | 24,8 | 1:1,52         | 15,7                | -19,8       | 55,8 |
| HCP <sub>05</sub>                             |                | 2,7                 |             |      |                | 6,0                 |             |      |

С повышением уровня загрязнения почвы натрием масса 1000 зерен уменьшалась. При содержании натрия в почве 120-150 мг/кг масса 1000 зерен пшеницы снизилась с 33,4 г до 28,5 г (на 14,7%), при содержании натрия на уровне 250-300 мг Na/кг почвы – до 25,1 г (на 24,9%).

Закономерность увеличения соотношения зерна и соломы в урожае ячменя и снижения массы 1000 зерен с повышением концентрации натрия в почве, так же как и у пшеницы, сохранялась. На уровне загрязнения почвы  $Na_{120-150}$  мг/кг масса 1000 зерен ячменя уменьшилась на 22,5%, на уровне загрязнения  $Na_{250-300}$  мг/кг – на 55,8%.

Хлориды в меньшей степени, чем натрий и хлорид натрия, оказывали фитотоксическое действие на урожайность изучаемых культур. В условиях хлоридного загрязнения ( $NH_4Cl$ ) тенденция к снижению урожайности зерна пшеницы отмечалась на уровне 120-170 мг Cl/кг почвы (табл. 5). Снижение урожайности зерна на 14,2% установлено при содержании хлора в почве 220-240 мг/кг. При повышении содержания хлора в почве до уровня 350-400 мг/кг урожайность зерна снизилась еще в большей степени – на 18,1%.

Таблица 5

**Урожайность пшеницы и ячменя при разных уровнях содержания хлора в почве**

| Содержание Cl в почве, мг/кг | Пшеница        |             |                 |             | Ячмень         |             |                 |             |
|------------------------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|
|                              | зерно, г/сосуд | ± к фону, % | солома, г/сосуд | ± к фону, % | зерно, г/сосуд | ± к фону, % | солома, г/сосуд | ± к фону, % |
| $Cl_{20-25}$ (фон)           | 23,2           |             | 23,8            |             | 17,7           |             | 19,6            |             |
| $Cl_{120-140}$               | 22,4           | 3,4         | 23,8            |             | 16,6           | 6,2         | 18,4            | 6,1         |
| $Cl_{150-170}$               | 22,1           | 4,7         | 23,7            | 0,4         | 16,5           | 6,7         | 18,5            | 5,6         |
| $Cl_{220-240}$               | 19,9           | 14,2        | 22,8            | 4,2         | 14,0           | 20,9        | 17,3            | 11,7        |
| $Cl_{350-400}$               | 19,0           | 18,1        | 21,9            | 8,0         | 12,7           | 28,2        | 17,1            | 12,7        |
| HCP <sub>05</sub>            | 2,3            |             | 0,7             |             | 3,5            |             | 2,1             |             |

На урожайность соломы пшеницы высокие концентрации хлора в почве сказались в меньшей степени, чем на урожайности зерна.

Урожайность зерна ячменя при фоновом содержании хлора в почве 20-25 мг/кг составляла 17,7 г/сосуд. Существенное снижение урожайности зерна ячменя на 20,9% было отмечено при содержании хлора в почве на уровне 220-240 мг/кг. При максимальной концентрации хлоридов в почве (350-400 мг Cl/кг) наблюдалось дальнейшее снижение урожайности зерна ячменя – на 28,2%.

Установлено, что с увеличением концентрации хлоридов в почве до 350-400 мг/кг соотношение зерно:солома у пшеницы яровой увеличивалось с 1:1,02 до 1:1,16 (табл. 6).

Таблица 6

**Влияние уровней содержания хлора в почве на структуру урожая и качество зерна в условиях хлоридного загрязнения (NH<sub>4</sub>Cl)**

| Содержание Cl в почве, мг/кг | Пшеница       |                     |             |      | Ячмень        |                     |             |      |
|------------------------------|---------------|---------------------|-------------|------|---------------|---------------------|-------------|------|
|                              | зерно: солома | масса 1000 зерен, г | ± к фону, % |      | зерно: солома | масса 1000 зерен, г | ± к фону, % |      |
|                              |               |                     | г/сосуд     | %    |               |                     | г/сосуд     | %    |
| Cl <sub>20-25</sub> (фон)    | 1:1,02        | 32,3                |             |      | 1:1,1         | 41,5                |             |      |
| Cl <sub>120-140</sub>        | 1:1,06        | 32,8                | 0,5         | 1,5  | 1:1,11        | 37,5                | -4,0        | 9,6  |
| Cl <sub>150-170</sub>        | 1:1,07        | 30,4                | -1,9        | 5,9  | 1:1,28        | 31,3                | -10,2       | 24,6 |
| Cl <sub>220-240</sub>        | 1:1,015       | 28,1                | -4,2        | 13,0 | 1:1,24        | 32,1                | -9,4        | 22,6 |
| Cl <sub>350-400</sub>        | 1:1,16        | 25,2                | -7,1        | 22,0 | 1:1,35        | 31,3                | -10,2       | 24,6 |
| HCP <sub>05</sub>            |               | 1,7                 |             |      |               | 3,8                 |             |      |

По сравнению с фоновой, масса 1000 зерен яровой пшеницы в условиях хлоридного загрязнения на уровне 220-240 мг Cl/кг почвы уменьшилась на 4,2 г или 13,0%, на уровне 350-400 мг Cl/кг почвы – на 7,1 г или на 22,0%.

У ячменя закономерность увеличения соотношения зерна и соломы в урожае и снижения массы 1000 зерен с повышением концентрации хлоридов в почве, сохранялась также как и у пшеницы. На уровне загрязнения Cl<sub>220-240</sub> мг/кг почвы масса 1000 зерен ячменя уменьшилась на 9,4 г или 22,6% по сравнению с контрольным вариантом, на уровне Cl<sub>350-400</sub> мг/кг почвы – на 10,2 г или на 24,6%.

Снижение урожайности зерна пшеницы и ячменя в условиях загрязнения почвы натрием и хлором обусловлено уменьшением массы 1000 зерен.

Результаты вегетационных опытов позволили определить уровни содержания натрия и хлора в почве, оказывающие существенное влияние на снижение урожайности зерна (табл. 7). На основании проведенных исследований установлены ориентировочные допустимые уровни загрязнения почвы хлором и натрием при возделывании яровых зерновых культур.

Таблица 7

**Уровни допустимого содержания водорастворимого натрия и хлора в почве при возделывании яровых зерновых культур**

| Культуры       | Допустимые уровни содержания натрия и хлора в почве, мг/кг |                       |                       |
|----------------|--|-----------------------|-----------------------|
|                | Хлоридно-натриевое загрязнение                             | Натриевое загрязнение | Хлоридное загрязнение |
| Яровая пшеница | Na <sub>100</sub> Cl <sub>180</sub>                        | Na <sub>120</sub>     | Cl <sub>200</sub>     |
| Яровой ячмень  | Na <sub>100</sub> Cl <sub>180</sub>                        | Na <sub>160</sub>     | Cl <sub>200</sub>     |

**ВЫВОДЫ**

1. В условиях хлоридно-натриевого загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы фитотоксическое действие натрия и хлора на урожайность зерновых культур установлено при концентрации Na<sub>120-150</sub>Cl<sub>220-240</sub> мг/кг, снижение урожайности яровой пшеницы составило 13,4%, ячменя – 22,6%. Фитотоксичность хлорида натрия усиливалась с повышением его концентрации в почве, при загрязнении почвы на уровне Na<sub>250-300</sub>Cl<sub>575-670</sub> мг/кг урожайность зерна пшеницы снизилась на 47,3%, ячменя – на 27,4%. Снижение урожайности обусловлено уменьшением массы 1000 зерен ячменя на 10,3 и 16,8%, пшеницы – на 13,8 и 21,4%, на разных уровнях загрязнения, соответственно.

2. В условиях натриевого загрязнения фитотоксическое действие натрия в большей степени проявилось на растениях ячменя, чем пшеницы. Существенное снижение урожайности ячменя – на 10,1% отмечено при содержании в почве натрия на уровне 120-150 мг/кг. При содержании натрия на уровне 250-300 мг/кг урожайность зерна пшеницы снизилась на 21,4%, ячменя – на 47,9%. При содержании Na<sub>400-500</sub> мг/кг отмечена полная гибель растений.

3. На растения пшеницы и ячменя хлор оказывал меньшее фитотоксическое действие, чем натрий и хлорид натрия. При хлоридном загрязнении существенное снижение урожайности пшеницы на 14,2% и ячменя на 20,9% установлено при содержании в почве Cl<sub>220-240</sub> мг/кг. С повышением уровня загрязнения до Cl<sub>350-400</sub> урожайность зерна снижалась, соответственно, на 18,1 и 28,2%.

4. При возделывании яровых зерновых культур ориентировочное допустимое содержание натрия и хлора в почве составляет: в условиях хлоридно-натриевого загрязнения  $\text{Na}_{100} \text{Cl}_{180}$ , в условиях натриевого загрязнения –  $\text{Na}_{120}$ , в условиях хлоридного загрязнения –  $\text{Cl}_{200}$  мг/кг почвы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Carmen, Lopez-Berenguer. Are root hydraulic conductivity responses to salinity controlled by aquaporins in broccoli plants? / Carmen, Lopez-Berenguer, Cristina Garcia-Viguera & Micaela Carvajal // Plant and Soil. – 2006. – P. 279.
2. Hempler, K. Spuren-und Sekundärnährstoffe im Pflanzenbau / K. Hempler. – Frankfurt / M., 2001. – 64 s.
3. Бреслер, Э. Солончаки и солонцы. Принципы, динамика, моделирование / Э. Бреслер, Б.Л. Макнил, Д.Л. Картер. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 300 с.
4. Чуприна, Э.В. Формирование генеративных органов ячменя в условиях почвенного засоления / Э.В. Чуприна // Вопросы солеустойчивости растений. – Ташкент, 1973. – С. 328-335.
5. Евдокимов, В.М. Изменение солеустойчивости растений в онтогенеза и ее зависимость от некоторых свойств протоплазмы клеток: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.М. Евдокимов. – Л., 1970.
6. Удовенко, Г.В. Влияние засоления на начальные фазы роста растений / Г.В. Удовенко, Л.И. Алексеева // Физиология растений. – 1973. – Т.20. – Вып.2. – С. 277-286.
7. Алексеева, Л.И. Влияние засоления на варьирование элементов структуры урожая у пшеницы / Л.И. Алексеева // Бюлл. ВИР. – 1981. – Вып. 114. – С.21-23.
8. Удовенко, Г.В. Солеустойчивость культурных растений / Г.В. Удовенко. – Л.: Колос, 1977. – 215 с.
9. Туктаров, В.И. Флористическое и геоботаническое исследование в Европейской России / В.И. Туктаров, С.Н Косолапов, В.А. Тарбаев. – Саратов, 2000. – С. 266-268.
10. Иванюк, В.Г. Неинфекционные болезни (повреждения) растений, вызванные недостатками микроэлементов и внешними воздействиями / В.Г. Иванюк, С.А. Банадысев, Г.К. Журомский Г.К. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kartofel.org>. – Дата доступа: 25.02.2008 г.
11. Brod, H.-D. Risiko-Abschätzung für den Einsatz von Tausalyen / H.-D. Brod // Verkerstechnik Hett. – 1995. – V. 12.
12. Четвериков, А.Г. Влияние водного дефицита и солевого стресса на системы энергообеспечения у хлопчатника / А.Г. Четвериков, В.Ф. Гачковский // Вестн. МГУ. Сер. биол. наук. – 1990. – № 4. – С. 532-541.
13. Lawlor, D.W. Plant growth in polyethylene glycol solutions in relation to the osmotic potential of the root medium and leaf water balance / D.W. Lawlor // J. Exptl. Bot. – 1969. – V. 20, №65. – P. 577-579.
14. Morris, J.Y. Über den Einfluss des osmotischen Potentials des Wurzelsubstrates auf die Photosynthese von Pinus contorta – Sämlingen in Wechsel der Jahreszeiten / J.Y. Morris, W. Trangiullini // Flora. – 1969. – B. 158. – S. 277-287.
15. Белецкий, Ю.Д. Пластиды и адаптация растений к засолению / Ю.Д. Белецкий, Н.И. Шевякова, Т.Б. Карнаукова. – Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1990.
16. Достанова, Р.Х. Фенольный комплекс растений при засолении среды: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Р.Х. Достанова. – СПб, 1993.

## EFFECT OF SODIUM AND CHLORINE CONTENT IN SOIL ON SUMMER GRAIN CROPS PRODUCTIVITY

S.E. Golovatyj, Z.S. Kovalevich, N.K. Lukashenko

### Summary

In the conditions of vegetative experience the admissible levels of sodium and chlorine concentration in sod-podzolic loamy sand soil at spring wheat and barley cultivation are established.

Поступила 17 апреля 2010 г.