

Нашими исследованиями ранее показано, что с увеличением валового содержания тяжелых металлов в черноземах выщелоченных, а это основные пахотные почвы степного ядра лесостепи Кузнецкой котловины, при снижении показателя рН_c возрастает концентрация их подвижных форм [4].

Результаты исследований М.М. Овчаренко показывают, что проблема подвижности тяжелых металлов в почве является сложной и многофакторной. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве зависит от многих условий. Главный прием, приводящий к уменьшению содержания этой формы тяжелых металлов, – это повышение плодородия почв (известкование, увеличение содержания гумуса и фосфора и др.) [5].

Таким образом, в пахотных почвах степного ядра лесостепи Кузнецкой котловины на площади 1,7% отмечено содержание кадмия 1-2 ПДК и цинка 1-3 ПДК, что соответствует загрязнению на низком уровне (1-я степень деградации), это может приводить к риску получения продукции загрязненной металлами свыше установленных санитарных норм. В условиях подкисления почв известкование, внесение органических и фосфорных удобрений –

это основные приемы, приводящие к уменьшению содержания подвижной формы тяжелых металлов в почвах.

Библиографический список

1. Ильин В.Б. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов (Mn, Cu, Mo, V) в южной части Западной Сибири / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1973. – 390 с.
2. Некрасов Б.В. Основы общей химии / Б.В. Некрасов. – М.: Химия, 1974. – Т. 2. – 194 с.
3. Панасин В.И. Микроэлементы и урожай / В.И. Панасин. – Калининград: Калининградское кн. изд-во, 2000. – 276 с.
4. Просяникова О.И. Антропогенная трансформация почв Кемеровской области: монография / О.И. Просяникова. – Барнаул: Азбука, 2005. – 300 с.
5. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение / под ред. М.М. Овчаренко. – М., 1997. – 290 с.
6. Черных Н.А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н.А. Черных, Н.А. Милащенко, В.Ф. Ладонин. – М.: Агропромиздат, 1999. – 176 с.



УДК 633.34:577.15

Т.П. Хайрулина,
П.В. Тихончук,
Е.А. Семенова

АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ В ЛИСТЬЯХ *G.max* И *G.soja* ПРИ ВОДНОМ СТРЕССЕ

Ключевые слова: соя, ферменты, пероксидаза, каталаза, аскорбиновая кислота, переувлажнение.

Введение

Водный стресс оказывает неблагоприятное воздействие на большинство структур и метаболических процессов клетки. Недостаточное и избыточное увлажнение почвы неблагоприятно сказывается на протекании целого ряда физиолого-биохимических процессов в растении. При резком недостатке воды в почве задерживается биосинтез органических соеди-

нений и усиливается гидролиз, в результате чего нарушаются ростовые процессы [1]. При избыточном увлажнении почвы растения испытывают действия анаэробии, который снижает активность процесса синтеза органических веществ, нарушает водный режим растений [2]. Интенсивность воздействия стрессовых факторов на обмен веществ растений определяется изменением активности ферментов, имеющих отношение к развитию стрессовых реакций, возникающих при адаптации растений к данному фактору [1, 3].

В зависимости от активности каталазы и пероксидазы повышается или понижается жизнеспособность организма, следовательно, и продуктивность сельскохозяйственных растений [3]. Целью нашего исследования явилось изучение влияния недостаточного и избыточного увлажнения почвы на активность антиоксидантной системы.

Объекты и методы исследований

Данные исследования проводились в 2009 г. в Дальневосточном государственном аграрном университете. В работе использовали растения *G.max* (сорт Лидия) и *G.soja* (форма КА-1344). После появления всходов влажность почвы в сосудах поддерживалась согласно схеме опыта:

- 1) контроль – 70% влажности почвы от ППВ;
- 2) 135% влажности почвы от ППВ весь период вегетации;
- 3) 35% влажности почвы от ППВ весь период вегетации;
- 4) 35% влажности почвы от ППВ до цветения, затем перевод на 70%;
- 5) 135% влажности почвы от ППВ до цветения, затем перевод на 70%;
- 6) 70% влажности почвы от ППВ до цветения, затем перевод на 35%;
- 7) 70% влажности почвы от ППВ до цветения, затем перевод на 135%.

Активность пероксидазы (ПО) определяли фотокolorиметрическим методом [4], активность каталазы (КАТ) – газометрическим методом [4], витамин С – по общепринятой методике [4], белок – по методу Lowry [5].

Результаты и их обсуждение

Ранее проведенные исследования установили незначительное изменение активности КАТ в фазе третьего тройчатого листа [3].

В фазе третьего тройчатого листа у культурной сои значительных изменений

активности КАТ не наблюдалось. У формы КА 1344 переувлажнение приводит к росту активности КАТ, недостаток влаги в почве способствует снижению активности КАТ на 21-37%.

В фазе цветения при переувлажнении и недостатке влаги в почве показатели активности КАТ в листьях *G.max* выше контрольного варианта (табл. 1).

Наиболее значительное увеличение удельной активности КАТ наблюдается у КА-1344 в варианте с переувлажнением почвы (2 и 5) в 7 и 4 раза соответственно. В варианте, где растения испытывали недостаток во влаге (вариант 3 и 4), активность каталазы выше, чем в контрольном варианте, в 2-3 раза, но ниже, чем при переувлажнении.

Так как активность каталазы является показателем интенсивности дыхания, то полученные результаты позволяют предположить, что интенсивность дыхания листьев *G.soja* выше, чем *G.max* (L.).

В фазе бобообразования переувлажнение за весь период вегетации способствует росту активности КАТ в листьях по сравнению с контролем как у дикорастущей, так и у культурной сои. Наименьший показатель активности КАТ в листьях отмечен в варианте при недостатке влаги весь период вегетации у формы КА-1344, по сравнению с контролем он ниже в 4 раза (табл. 1).

Анализ удельной активности ПО в листьях *G.max* в фазе третьего тройчатого листа показал, что максимальные значения были зафиксированы в вариантах с недостаточным увлажнением, в данном варианте активность ПО увеличилась ~ в 5 раз по сравнению с контролем. Незначительный рост активности отмечен и в варианте с переувлажнением почвы, данная тенденция прослеживается у культурной и дикой формы сои.

Таблица 1
Влияние влажности почвы на активность каталазы *G.max* и *G.soja*, 2009 г.

| Вариант опыта | Удельная активность каталазы, ед/мг белка x 10 ⁻⁴ | | | | | |
|---------------|--|---------|----------|----------|-----------------|---------|
| | 3-й тройчатый лист | | цветение | | бобообразование | |
| | Лидия | КА-1344 | Лидия | КА-1344 | Лидия | КА-1344 |
| 1 | 23±0,7 | 19±0,7 | 3,5±0,3 | 10±0,3 | 62±0,6 | 52±0,7 |
| 2 | 24±2,2 | 23±0,4 | 9,7 ±0,5 | 70 ±0,7 | 87±0,2 | 63±1,9 |
| 3 | 21±0,8 | 15±1,4 | 4,8 ±0,7 | 24±1,1 | 35±0,8 | 12±1,1 |
| 4 | 25±0,6 | 13±1,3 | 5,7±0,9 | 28±3 | 64±0,4 | 50 ±1,9 |
| 5 | 21±1,4 | 20±0,8 | 8,3±0,7 | 41±0,6 | 66±2,1 | 57±2,0 |
| 6 | 26±0,9 | 16±1,6 | 7,5±1,1 | 20,7±2,6 | 38±0 | 41±0,8 |
| 7 | 26±1,2 | 16±1,5 | 3,3±0,4 | 15±1,4 | 77±1,7 | 52±0,7 |

Влияние влажности почвы на активность пероксидазы *G.max* и *G.soja*, 2009 г.

| Вариант опыта | Удельная активность пероксидазы, ед/мг белка x 10 ⁻³ | | | | | |
|---------------|---|---------|----------|---------|-----------------|---------|
| | 3-й тройчатый лист | | цветение | | бобообразование | |
| | Лидия | КА-1344 | Лидия | КА-1344 | Лидия | КА-1344 |
| 1 | 41±168 | 71±0,7 | 64±2,4 | 34±0 | 9,2±37 | 75±0,8 |
| 2 | 180±743 | 43±1,5 | 122±2,3 | 31±0,9 | 9,3±37 | 40±0,7 |
| 3 | 110±449 | 72±0,7 | 130±10,1 | 55±0,8 | 17±69 | 57±0 |
| 4 | 250±1020 | 77±1,3 | 133±7,2 | 42±0,9 | 6,4±26 | 67±0,9 |
| 5 | 140±555 | 47±1,3 | 48±3,7 | 42±0,7 | 6,6±27 | 129±0 |
| 6 | 30±1194 | 76±3,2 | 66±2,0 | 56±1,7 | 9,1±37 | 123±0 |
| 7 | 40±171 | 76±2,4 | 162±3,0 | 47±1,4 | 8,9±26 | 255±2,3 |

В фазе цветения отмечена та же тенденция роста активности, что и в фазе третьего тройчатого листа.

По некоторым вариантам опыта в фазе бобообразования отмечен рост активности ПО. Наиболее значительное увеличение удельной активности ПО отмечено при недостатке влаги в почве (табл. 2).

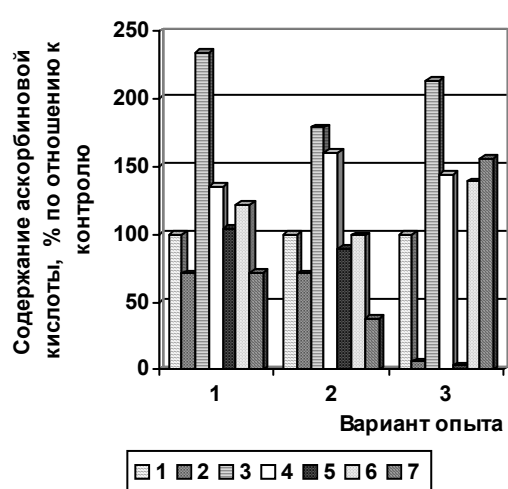
Витамин С (аскорбиновая кислота) является наиболее распространенным антиоксидантом в растениях, но при этом именно витамин С наименее изучен. При недостатке влаги содержание аскорбиновой кислоты снижается, переувлажнение также заметно снижает ее накопление.

Данные рисунка показывают, что у культурной сои (сорт Лидия) в вариантах опыта, где растения испытывали избыточное увлажнение почвы в первой или во второй половине вегетации, наблюдается

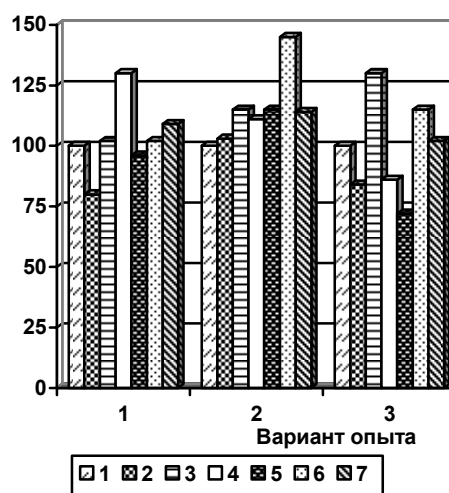
задержка биосинтеза аскорбиновой кислоты. Наибольшее снижение количества аскорбиновой кислоты наблюдается в варианте, где растения подвергаются действию избытка влаги весь период вегетации (2-й вариант).

Максимальный рост количества данного витамина отмечено в варианте опыта, где растения испытывали недостаток в воде (3-, 4- и 6-й варианты). Такая динамика прослеживается в течение всего периода вегетации.

Изменение влагоемкости почвы с переувлажнения на оптимальную влажность почвы способствовал усилению синтеза этого вещества в растениях (вариант 5), но общее содержание количества витамина несколько ниже уровня контрольного варианта.



а



б

Рис. Влияние влажности почвы на содержание аскорбиновой кислоты в фазе: а – сорт Лидия; б – КА-1344, 2009 г.; 1 – третьего тройчатого листа; 2 – цветения; 3 – бобообразования

Анализ полученных данных, представленных на рисунке, позволяет отметить, что у дикорастущей формы сои КА-1344 в фазе третьего тройчатого листа и бобообразования прослеживается та же динамика в синтезе аскорбиновой кислоты, что и у сорта Лидия. У формы КА-1344 значительных отклонений в содержании аскорбиновой кислоты опытных вариантов от контрольного не наблюдалось.

Заключение

Анализируя вышесказанное, необходимо отметить, что активность КАТ находится в прямой зависимости от количества влаги. Удельная активность каталазы в период своего максимума выше в листьях *G.max* (L.) и *G.soja* в варианте с переувлажнением за весь период вегетации. Наивысшая удельная активность пероксидазы в листьях *G.max* (L.) отмечена в варианте с переувлажнением за весь период вегетации, недостатком влаги и максимум в варианте, где ППВ изменено с недостатка влаги на норму; в листьях *G.soja* в варианте с переувлажнением за весь период вегетации. Мы считаем, что активирование пероксидазы является ответной биохимической реакцией на неблагоприятное воздействие факторов внешней среды. Однозначного ответа на то,

как изменяется активность пероксидазы по отношению к разной влажности почвы, пока дать нельзя.

Избыток влаги в почве во все периоды вегетации также оказывает угнетающее действие на содержание аскорбиновой кислоты.

Библиографический список

1. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода: учебное пособие / О.Г. Полесская; под ред. И.П. Ермакова. – М.: КДУ, 2007. – 140 с.
2. Климов С.В. Адаптация растений к стрессам через изменение донорно-акцепторных отношений на разных уровнях структурной организации / С.В. Климов // Успехи современной биологии. – М., 2008. – Т. 128. – № 3. – С. 281-299.
3. Семенова Е.А. Биохимическая адаптация *Glycine max*(L.) Merr. и *Glycine soja* в онтогенезе: монография / Е.А. Семенова, П.В. Тихончук. – Благовещенск: ДальГАУ, 2006. – 108 с.
4. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений / Б.П. Плешков. – М.: Колос, 1985. – 256 с.
5. Lowry O.H. Protein measurement with the Folin phenol reagent / O.H. Lowry [et al.] // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193. – № 1. – P. 265-275.

