

УДК 581.1

ВЛИЯНИЕ ЖАСМОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ И ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАСУХЕ И ГРИБНЫМ ИНФЕКЦИЯМ

© 2015 г. А. А. Луговая¹, Ю. В. Карпец¹, Д. А. Григоренко¹,
Б. А. Коломоец¹, А. И. Обозный¹,
Н. Н. Мирошниченко^{1,2}, Ю. Е. Колупаев¹

¹Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева
(Харьков, Украина)

²Национальный научный центр
«Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»
Национальной академии аграрных наук Украины
(Харьков, Украина)

Исследовали влияние опрыскивания растворами жасмоновой кислоты (ЖАК) на засухоустойчивость растений ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в почвенной культуре, их продуктивность в условиях модельного полевого опыта и устойчивость к грибным инфекциям. Обработка растений ЖАК в концентрациях 10^{-7} и 10^{-6} М частично снимала вызываемый засухой эффект ингибирования роста и уменьшала воддефицит. В условиях нормального увлажнения обработка ЖАК уменьшала количество растений, пораженных возбудителями корневых гнилей. Под влиянием ЖАК в оптимальных концентрациях в условиях полевого опыта общая биомасса надземной части растений увеличивалась на 17-20%, масса зерна – на 10-16%, замедлялось развитие темно-бурой пятнистости.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare*, жасмоновая кислота, засуха, *Fusarium*, *Bipolaris sorokiniana*, устойчивость, продуктивность

Жасмонаты традиционно рассматриваются как гормоны, защищающие растения от повреждений фитофагами и патогенами-некротрофами (Wasternack, 2007). В то же время жасмоновая кислота (ЖАК) участвует в индукции широкого спектра защитных реакций растений, задействованных в развитии их устойчивости как к разнообразным инфекциям, так и к абиотическим стрессорам (Савченко и др., 2014).

Хорошо известен эффект повышения устойчивости растений к механическим повреждениям под действием ЖАК, сопровождающийся повышением активности ингибиторов протеаз, синтезом токсичных вторичных метаболитов, накоплением низкомолекулярных

белков дефенсинов, образованием трихом (Савченко и др., 2014). Эти реакции полезны как для защиты от патогенов и вредителей, так и для повышения резистентности к другим стрессорам. Так, трихомы, выросты эпидермиса на поверхности органов растений защищают их при засухе и воздействии УФ (Yoshida et al., 2009). Дефенсины обладают не только бактерицидным и фунгицидным действием, но и, благодаря высокому содержанию цистеина, способностью связывать ионы тяжелых металлов (Kramell et al., 1995). Не вызывает сомнения вовлечение ЖАК в формирование комплекса реакций, необходимых для адаптации к осмотическому и солевому стрессам, действию агентов окислительного стресса, экстремальных температур (Dombrecht et al., 2007; Sheteawi et al., 2007; Ma et al., 2014). Имеются сведения о стимулировании производными ЖАК закрытия устьиц (Suhita et al., 2004). ЖАК причастна к регуляции активности антиоксидантных фер-

Адрес для корреспонденции: Колупаев Юрий Евгеньевич,
Харьковский национальный аграрный университет им.
В.В. Докучаева, п/о «Коммунист-1», Харьков, 62483,
Украина;
e-mail: yukolupaev@mail.ru

ментов (Liu et al., 2012; Ma et al., 2014), накопления осмопротекторов (бетаина и пролина) (Gao et al., 2004; Sheteawi et al., 2007), антоцианов и других флавоноидных соединений (Dombrecht et al., 2007; Li et al., 2014).

Индукция указанных реакций прямо или опосредованно связано с функционированием соответствующих сигнальных каскадов, регулирующих экспрессию защитных генов. Жасмонатный сигналинг относительно подробно изучен у двудольных – арабидопсиса (*Arabidopsis thaliana*), томатов (*Solanum lycopersicum*), табака (*Nicotiana tabacum*) и в меньшей степени некоторых однодольных – ячменя (*Hordeum vulgare*) и риса (*Oryza sativa*) (Kazan, Manners, 2008). При этом известно, что вклад ЖАК, как и других фитогормонов, в сигнальные процессы и защитные реакции может иметь видовые особенности (Васюкова, Озерцовская, 2009).

Несмотря на заметные успехи в исследовании трансдукции жасмонатных сигналов и выявлении реакций растений, контролируемых ЖАК, особенности действия экзогенных жасмонатов в условиях, приближенных к естественным, остаются малоисследованными. В последние годы показана возможность индукции ЖАК ряда овощных культур и картофеля к болезням в полевых условиях (Лапа та ін., 2012), выявлен положительный эффект опрыскивания ЖАК на урожайность оливковых деревьев (El-Sayed et al., 2014). Тем не менее, сведений о влиянии ЖАК на устойчивость растений к комплексу неблагоприятных факторов в природных условиях пока недостаточно.

В связи с изложенным целью работы было исследование влияния экзогенной ЖАК на резистентность ячменя к засухе в почвенной культуре, а также устойчивость растений к патогенам и продуктивность в условиях модельного полевого опыта. Выбор ячменя как объекта исследований обусловлен полученными ранее сведениями об индукции ЖАК и ее производными у растений этого вида ряда защитных реакций – накопления пролина, повышения активности антиоксидантных ферментов и, как следствие, устойчивости к УФ и засухе (Fedina et al., 2009; Луговая и др., 2014).

МЕТОДИКА

Объектом исследования явились растения ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Гелиос. В эксперименте по исследованию влияния ЖАК на засухоустойчивость растения выращивали в пластиковых контейнерах (почва

чернозем типичный тяжелосуглинистый, pH_{KCl} 5,3, содержание гумуса 5,4%, подвижного фосфора и калия (по методу Чирикова) – соответственно 120 и 142 мг/кг). Влажность субстрата – 70% от ПВ, освещение – 10 клк, фотопериод – 16 ч, температура 25/20°C (день/ночь). Перед созданием условий засухи растения в возрасте 10 сут опрыскивали растворами ЖАК (10^{-8} , 10^{-7} , 10^{-6} М), контроль – опрыскивание дистиллированной водой.

Засуху создавали в течение шести суток, начиная с 10-го дня выращивания растений уменьшением нормы полива с постепенным снижением влажности почвы до 25–30% от ПВ. После этого (через 6 дней) возобновляли полив. Общее содержание воды в листьях растений, выращиваемых при нормальном увлажнении и в условиях засухи, определяли высушиванием листьев при 100-105°C на 16-е (6-е сут засухи) и 18-е сут эксперимента (через 2 сут после возобновления полива растений в варианте с засухой). Водный дефицит оценивали по количеству воды, насыщающей срезанные листья (Пильщикова, 1990). В конце эксперимента (на 18-й день) определяли сырую массу надземной части растений.

На 18 сут проводили учет растений, пораженных корневыми гнилями. К категории пораженных относили растения, имеющие круговое темное побурение прикорневой части. Для определения родовой принадлежности грибов возбудителей корневых гнилей пораженные корни и стебли тщательно очищали от почвы и промывали в проточной воде. После поверхностной дезинфекции в 70% спирте материал переносили в чашки Петри на стерильные фильтры (влажная камера) и инкубировали в термостате 5 сут для провоцирования спороношения (Коршунова и др., 1976).

Влияние ЖАК на продуктивность растений ячменя исследовали в 2015 году в модельном полевым опыте на экспериментальной базе ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского». Почва – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке со следующими показателями в пахотном слое: pH_{KCl} – 5,1, общее содержание гумуса – 4,1%, подвижных соединений фосфора и калия (по методу Чирикова) – соответственно 138 мг/кг та 90 мг/кг почвы. Площади учетных делянок 2 м².

Семена сорта Гелиос высевали в середине апреля. Метеорологические условия в период вегетации растений были относительно благоприятными. Количество осадков соответ-

ВЛИЯНИЕ ЖАСМОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Таблица 1. Влияние обработки ЖАК в лабораторном опыте на длину надземной части растений, см

| Вариант | Возраст растений, сут | |
|------------------------------|-----------------------|-------------|
| | 16 | 18 |
| <i>Нормальное увлажнение</i> | | |
| Контроль | 19,2 ± 0,32 | 20,9 ± 0,36 |
| ЖАК, 10 ⁻⁸ М | 19,6 ± 0,28 | 21,2 ± 0,32 |
| ЖАК, 10 ⁻⁷ М | 19,5 ± 0,35 | 21,0 ± 0,40 |
| ЖАК, 10 ⁻⁶ М | 17,2 ± 0,32 | 19,4 ± 0,32 |
| <i>Засуха</i> | | |
| Контроль | 13,3 ± 0,27 | 15,4 ± 0,34 |
| ЖАК, 10 ⁻⁸ М | 13,7 ± 0,33 | 15,6 ± 0,30 |
| ЖАК, 10 ⁻⁷ М | 16,1 ± 0,21 | 18,2 ± 0,42 |
| ЖАК, 10 ⁻⁶ М | 15,0 ± 0,24 | 17,3 ± 0,32 |

ствовало средним многолетним величинам, температура была на 2,0°C выше средней многолетней нормы.

Опрыскивание растворами ЖАК проводили в фазах начала выхода в трубку, начала цветения и начала фазы молочной спелости. Уборку урожая осуществляли в конце июля. В начале фаз выхода в трубку и цветения проводили учет развития темно-бурой пятнистости, определяя относительную площадь пораженной поверхности флагового листа (Фитосанитарная экспертиза ..., 2002).

Повторность лабораторных и полевых опытов четырехкратная. При определении морфометрических показателей каждая повторность состояла не менее чем из 30 растений. На рисунках и в таблицах приведены средние значения и их стандартные ошибки либо НСР_{0,05}. Кроме случаев, оговоренных специ-

ально, обсуждаются эффекты, достоверные при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Обработка растений ЖАК в различных концентрациях не оказывала существенного влияния на показатель их длины при нормальном увлажнении (табл. 1). Засуха вызывала существенное угнетение линейного роста растений и уменьшение накопления биомассы. Через 2 сут после возобновления полива показатели длины и массы растений, подвергнутых засухе, также были существенно ниже, чем в контроле.

Обработка ЖАК в концентрациях 10⁻⁷ и 10⁻⁶ М заметно смягчала ростингибирующий эффект засухи, концентрация 10⁻⁸ М была неэффективной (табл. 1, рис. 1, 2). Также ЖАК в концентрациях 10⁻⁷ и 10⁻⁶ М вызывала небольшое увеличение биомассы растений в нормальных условиях.



Рис. 1. Влияние обработки ЖАК на растения ячменя при засухе в лабораторном опыте на 16 день. Слева направо: контроль, ЖАК 10⁻⁷ и 10⁻⁶ М соответственно.

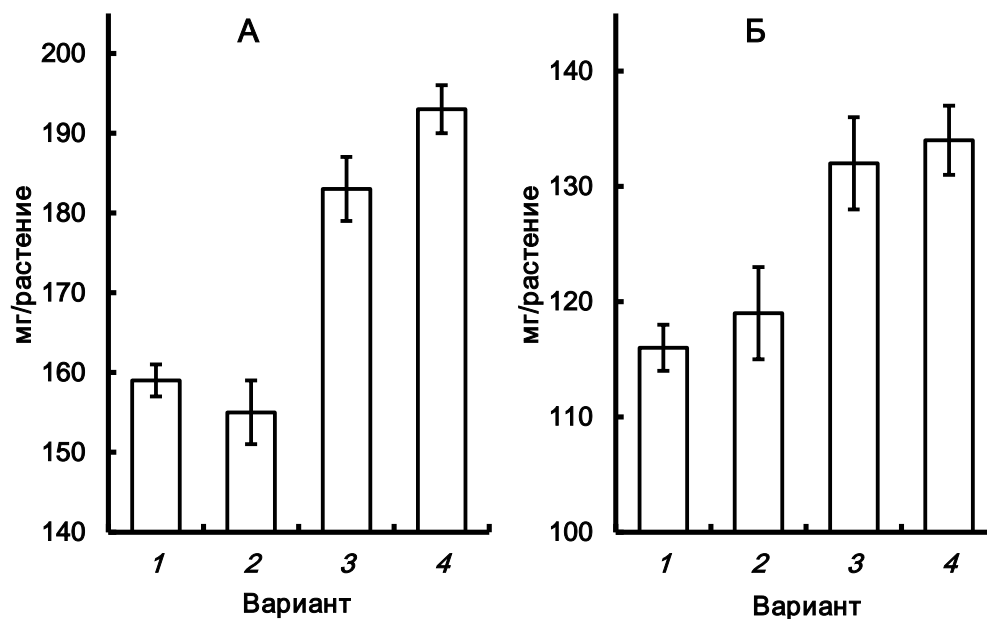


Рис. 2. Влияние обработки ЖАК на сырую биомассу (мг/растение) при нормальном увлажнении (А) и в условиях засухи (Б) в лабораторном опыте на 18 день.

Здесь и на рис. 3: 1 – контроль; 2–4 – ЖАК 10^{-8} , 10^{-7} и 10^{-6} М соответственно.

Таблица 2. Влияние обработки ЖАК в лабораторном опыте на содержание воды в листьях и их водный дефицит

| Вариант | Содержание воды, % | | Водный дефицит, % | |
|------------------------------|-----------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | Возраст растений, сут | | | |
| | 16 | 18 | 16 | 18 |
| <i>Нормальное увлажнение</i> | | | | |
| Контроль | 89,9 ± 0,14 | 89,7 ± 0,17 | 4,09 ± 0,33 | 4,42 ± 0,28 |
| ЖАК, 10^{-8} М | 90,2 ± 0,16 | 89,9 ± 0,15 | 3,87 ± 0,29 | 4,12 ± 0,32 |
| ЖАК, 10^{-7} М | 90,1 ± 0,17 | 90,2 ± 0,16 | 3,73 ± 0,37 | 3,98 ± 0,44 |
| ЖАК, 10^{-6} М | 90,7 ± 0,14 | 90,5 ± 0,15 | 4,43 ± 0,39 | 4,26 ± 0,28 |
| <i>Засуха</i> | | | | |
| Контроль | 87,2 ± 0,18 | 88,5 ± 0,15 | 16,59 ± 0,71 | 7,82 ± 0,92 |
| ЖАК, 10^{-8} М | 87,5 ± 0,19 | 88,9 ± 0,16 | 14,19 ± 0,77 | 7,04 ± 0,80 |
| ЖАК, 10^{-7} М | 88,5 ± 0,16 | 89,9 ± 0,17 | 8,38 ± 0,64 | 4,28 ± 0,46 |
| ЖАК, 10^{-6} М | 89,0 ± 0,15 | 90,3 ± 0,18 | 9,50 ± 0,60 | 4,62 ± 0,32 |

Содержание воды в листьях растений под влиянием обработок ЖАК при нормальном увлажнении не изменялось (табл. 2). Засуха вызвала уменьшение общего содержания воды в листьях растений контрольного варианта, пониженным оно оставалось и после возобновления полива. В то же время предварительное опрыскивание растений ЖАК в концентрациях 10^{-7} и 10^{-6} М способствовало поддержанию содержания воды, близкого к контролю, концентрация 10^{-8} М на этот показатель существенно не влияла (табл. 2).

В условиях нормального увлажнения величины водного дефицита в листьях растений всех вариантов были низкими (табл. 2). Засуха вызвала существенное развитие воддефицита у растений контрольного варианта, после

возобновления полива этот показатель уменьшался, однако несколько превышал величину, характерную для растений, не подвергнутых засухе. Обработка растений ЖАК в концентрациях 10^{-7} и 10^{-6} М заметно уменьшала вызываемый засухой воддефицит, а после возобновления полива у растений этих вариантов этот показатель практически не отличался от соответствующего у нормально увлажняемых (табл. 2). При использовании ЖАК в концентрации 10^{-8} М уменьшения водного дефицита у растений, подвергнутых засухе, выявить не удалось.

В почвенной культуре с естественным инфекционным фоном в вариантах с нормальным увлажнением отмечалось заметное развитие корневых гнилей на растениях ячменя (рис. 3). Оценка состава микромицетов, выделенных из пораженных растений, показала, что в пато-

ВЛИЯНИЕ ЖАСМОНОВОЙ КИСЛОТЫ

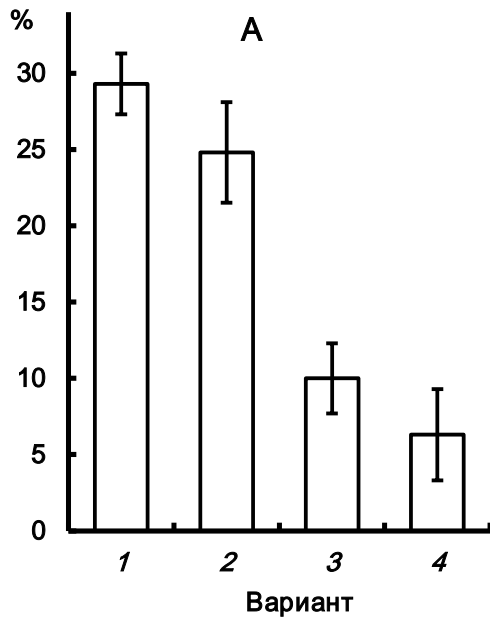


Рис. 3. Влияние обработки ЖАК на поражение растений корневыми гнилями (%) при нормальном увлажнении в лабораторном опыте на 18 день.

Обозначения вариантов, как на рис. 2.

генном комплексе доминировали представители рода *Fusarium*. Опрыскивание растений ЖАК в концентрациях 10^{-7} и особенно 10^{-6} М уменьшало количество растений, пораженных возбудителями корневых гнилей (рис. 3).

В полевых экспериментах для обработки растений использовали ЖАК в концентрациях 10^{-7} и 10^{-6} М, при которых проявлялся стресс-протекторный эффект в лабораторных опытах. Обработка растений ЖАК в обеих концентрациях оказывала ростстимулирующий эффект: в период от начала цветения до начала фазы молочной спелости прирост надземной части растений в контроле составил $8,2 \pm 0,4$ см, в то время как в вариантах с ЖАК в концентрациях 10^{-7} и 10^{-6} М $10,9 \pm 0,3$ и $11,6 \pm 0,4$ см соответственно.

Под влиянием ЖАК в концентрациях 10^{-7} и 10^{-6} М в полевых условиях происходило увеличение показателей общей биомассы растений, надземной вегетативной массы, массы ко-

лосьев и зерна (табл. 3). Увеличение массы 1000 зерен зафиксировано в варианте с обработкой ЖАК в концентрации 10^{-6} М.

Заметного визуального поражения растений болезнями до окончания фазы цветения выявлено не было. Однако в фазе начала молочно-восковой спелости практически все исследуемые растения имели признаки поражения возбудителем темно-бурой пятнистости (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.). При этом обработка ЖАК, особенно в более высокой концентрации, заметно замедляла развитие болезни. Так, в контроле средняя площадь поражения флаговых листьев составила $14,8 \pm 0,3\%$, в вариантах с ЖАК в концентрациях 10^{-7} и 10^{-6} М – $12,9 \pm 0,3\%$ и $11,5 \pm 0,4\%$ соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные эксперименты показали, что обработка растений ячменя ЖАК оказывала положительное влияние на их устойчивость к неблагоприятным факторам различной природы и продуктивность. В настоящей работе не изучался вопрос о том, за счет индуцирования каких именно протекторных систем происходит повышение устойчивости растений ячменя к стрессорам под влиянием ЖАК. Однако данные литературы позволяют предположить возможные пути влияния экзогенного фитогормона на резистентность растений.

Положительное влияние опрыскивания растений ЖАК на их поддержание водного баланса при засухе может быть обусловлено ее способностью влиять на состояние устьиц. Так, на растениях арабидопсиса показано индуцирование закрывания устьиц метилжасмонатом, опосредованное усилением образования активных форм кислорода (АФК), связанным с активацией НАДФН-оксидазы (Suhita et al., 2004).

Другой составляющей положительного влияния ЖАК на засухоустойчивость растений ячменя может быть активация накопления осмопротекторов под влиянием фитогормона. Показано усиление накопления глицинбетаина в листьях груши под влиянием экзогенной

Таблица 3. Влияние обработки ЖАК в полевом опыте на структуру продуктивности растений ячменя

| Вариант | Общая надземная масса, г/м ² | Масса колосьев, г/м ² | Масса соломы, г/м ² | Масса зерна, г/м ² | Масса 1000 зерен, г |
|---------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Контроль | 505 | 270 | 235 | 209 | 43,0 |
| ЖАК, 10^{-7} М | 608 (120) | 314 (116) | 294 (125) | 243 (116) | 43,2 |
| ЖАК, 10^{-6} М | 593 (117) | 288 (107) | 305 (130) | 230 (110) | 44,2 |
| НСР _{0,05} | 41,4 | 20,0 | 22,6 | 17,5 | 0,58 |

ЖАК, особенно существенное на фоне засухи (Gao et al., 2004). Также установлено увеличение содержания пролина в листьях сои при обработке ЖАК, сопряженное с повышением засухоустойчивости (Sheteawi et al., 2007).

Еще один механизм защитного действия ЖАК при абиотических стрессах и заражении растений патогенами-некротрофами может быть связан с ее положительным влиянием на антиоксидантную систему. Ранее нами было показано положительное влияние предпосевной обработки семян ячменя ЖАК на активность антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы, каталазы и гваяколпероксидазы) в условиях почвенной засухи (Луговая и др., 2014). Установлено повышение под влиянием опрыскивания ЖАК активности антиоксидантных ферментов у растений пшеницы (Liu et al., 2012; Ma et al., 2014). Кроме того, возможно влияние ЖАК на количество низкомолекулярных антиоксидантов. Так, обработка колеоптилей пшеницы ЖАК способствовала сохранению в них пула низкомолекулярных антиоксидантов после действия повреждающего прогрева (Карпец и др., 2014). Имеются сведения об участии ЖАК в регуляции синтеза флавоноидов (Dombrecht et al., 2007), обладающих, как известно, высокой антиоксидантной активностью (Khlestkina, 2013).

Повышенная антиоксидантная активность может быть механизмом защиты растений не только при действии абиотических стрессоров, но и при инфицировании патогенами-некротрофами (Васюкова, Озерецковская, 2009). Как уже отмечалось, в условиях полевого опыта обработка ЖАК существенно уменьшала развитие темно-бурой пятнистости на листьях ячменя, вызываемой *Bipolaris sorokiniana*. Не исключено, что подобный эффект обусловлен положительным влиянием ЖАК на антиоксидантную систему. Естественно, для подобного заключения необходимы специальные исследования. Следует отметить, что более заметный защитный эффект оказывала обработка ЖАК в концентрации 10^{-6} М.

В почвенной культуре в лабораторных экспериментах под влиянием ЖАК также отмечалось повышение устойчивости растений грибным инфекциям, что проявлялось в меньшем по сравнению с контролем их поражении возбудителями корневых гнилей (рис. 2). Подобные эффекты ЖАК зарегистрированы на различных культурах (Лапа та ін., 2012).

Выявленные нами позитивные эффекты ЖАК на урожайность ячменя в условиях полевого опыта могут быть обусловлены как ее положительным действием на устойчивость растений к стрессорам, так и на продукционный процесс. Так, показано повышение продуктивности сои под влиянием опрыскивания ЖАК как в оптимальных условиях, так и при засолении (Sheteawi, 2007). Зарегистрировано повышение урожайности зерна проса под влиянием предпосевной обработки ЖАК в различных, в т.ч. относительно благоприятных, почвенных условиях (Вайнер и др., 2015). При этом в листьях растений, выращенных из семян, обработанных ЖАК, отмечалось более высокое по сравнению с контрольными содержание хлорофилла. Положительное влияние опрыскивания ЖАК на функционирование фотосинтетического аппарата выявлено у растений пшеницы (Ma et al., 2014).

В целом можно полагать, что ЖАК обладает способностью во взаимодействии с другими фитогормонами индуцировать большое разнообразие как универсальных, так и достаточно специфических физиологических реакций, обеспечивающих устойчивость растений к стрессорам различной природы и сохранение их продуктивности в неблагоприятных условиях (Савченко и др., 2014).

Публикация содержит результаты исследований, проведенных при грантовой поддержке Государственного фонда фундаментальных исследований по конкурсному проекту Ф64/23-2015.

ЛИТЕРАТУРА

- Вайнер А.А., Луговая А.А., Колупаев Ю.Е., Мирошниченко Н.Н. Влияние жасмоновой кислоты на продуктивность и устойчивость растений проса к неблагоприятным абиотическим факторам // Агрехимия. – 2015. – № 4. – С. 62-67.
- Васюкова Н.И., Озерецковская О.Л. Жасмонат-зависимая защитная сигнализация в тканях растений // Физиология растений. – 2009. – Т. 56, № 5. – С. 643-653.
- Карпец Ю.В., Колупаев Ю.Е., Луговая А.А., Обозный А.И. Влияние экзогенной жасмоновой кислоты на про-/антиоксидантную систему колеоптилей пшеницы в связи с устойчивостью к гипертермии // Физиология растений. – 2014. – Т. 61, № 3. – С. 367-375.

ВЛИЯНИЕ ЖАСМОНОВОЙ КИСЛОТЫ

- Кориунова А.Ф., Чумаков А.С., Щекочихина Р.И. Защита пшеницы от корневых гнилей. – Л.: Колос, 1976. – 184 с.
- Лана С.В., Ковбасенко Р.В., Ковбасенко В.М., Дмитриев О.П. Жасмоновая кислота: функции та механизми дії у рослин. – К.: Колобiг, 2012. – 80 с.
- Луговая А.А., Карпец Ю.В., Обозный А.И., Колупаев Ю.Е. Стресспротекторное действие жасмоновой и янтарной кислот на растения ячменя в условиях почвенной засухи // Агробиохимия. – 2014. – № 4. – С. 48-55.
- Пильщикова Н.В. Водный обмен // Практикум по физиологии растений / Под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 39-72.
- Савченко Т.В., Застрижная О.М., Климов В.В. Оксипирины и устойчивость растений к абиотическим стрессам // Биохимия. – 2014. – Т. 79, вып. 4. – С. 458-475.
- Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (Болезни растений): Рекомендации / Под ред. С.С. Санина. – М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2002. – 140 с.
- Dombrecht B., Xue G.P., Sprague S.J., Kirkegaard J.A., Ross J.J., Reid J.B., Fitt G.P., Sewelam N., Schenk P.M., Manners J.M., Kazan K. MYC2 differentially modulates diverse jasmonate-dependent functions in *Arabidopsis* // *Plant Cell*. – 2007. – V. 19. – P. 2225-2245.
- El-Sayed O.M., El-Gammal O.H.M., Salama A.S.M. Effect of ascorbic acid, proline and jasmonic acid foliar spraying on fruit set and yield of Manzanillo olive trees under salt stress // *Sci. Horticult.* – 2014. – V. 176. – P. 32-37.
- Fedina I., Nedeva D., Georgieva K., Velitchkova M. Methyl jasmonate counteract UV-B stress in barley seedlings // *J. Agron. Crop Sci.* – 2009. – V. 195. – P. 204-212.
- Gao X.P., Wang X.F., Lu Y.F., Zhang L.Y., Shen Y.Y., Liang Z., Zhang D.P. Jasmonic acid is involved in the water-stress-induced betaine accumulation in pear leaves // *Plant Cell Environ.* – 2004. – V. 27. – P. 497-507.
- Kazan K., Manners J.M. Jasmonate signaling: toward an integrated view // *Plant Physiol.* – 2008. – V. 146. – P. 1459-1468.
- Khlestkina E.K. The adaptive role of flavonoids: emphasis on cereals // *Cereal Res. Commun.* – 2013. – V. 41. – P. 185-198.
- Kramell R., Atzorn R., Schneider G., Miersch O., Brockner C., Schmidt J., Sembdner G., Parthier B. Occurrence and identification of jasmonic acid and its amino acid conjugates induced by osmotic stress in barley leaf tissue // *J. Plant Growth Regul.* – 1995. – V. 14. – P. 29-36.
- Li T., Jia K.P., Lian H.L., Yang X., Li L., Yang H.Q. Jasmonic acid enhancement of anthocyanin accumulation is dependent on phytochrome A signaling pathway under far-red light in *Arabidopsis* // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2014. – V. 454. – P. 78-83.
- Liu X., Chi H., Yue M., Zhang X., Li W., Jia E. The regulation of exogenous jasmonic acid on UV-B stress tolerance in wheat // *J. Plant Growth Regul.* – 2012. – V. 31. – P. 436-447.
- Ma C., Wang Z.Q., Zhang L.T., Sun M.M., Lin T.B. Photosynthetic responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to combined effects of drought and exogenous methyl jasmonate // *Photosynthetica*. – 2014. – V. 52. – P. 377-385.
- Sheteawi S.A. Improving growth and yield of salt-stressed soybean by exogenous application of jasmonic acid and ascorbin // *Int. J. Agri. Biol.* 2007. – V. 9. – P. 473-478.
- Suhita D., Raghavendra A.S., Kwak J.M., Vavasseur A. Cytoplasmic alkalization precedes reactive oxygen species production during methyl jasmonate- and abscisic acid-induced stomatal closure // *Plant Physiol.* – 2004. – V. 134. – P. 1536-1545.
- Wasternack C. Jasmonates: an update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development // *Ann. Bot.* – 2007. – V. 100. – P. 681-697.
- Yoshida Y., Sano R., Wada T., Takabayashi J., Okada K. Jasmonic acid control of GLABRA3 links inducible defense and trichome patterning in *Arabidopsis* // *Development*. – 2009. – V. 136. – P. 1039-1048.

Поступила в редакцию
05.10.2015 г.

INFLUENCE OF JASMONIC ACID ON PRODUCTIVITY OF BARLEY PLANTS AND THEIR RESISTANCE TO DROUGHT AND FUNGAL INFECTIONS

G. A. Lugova¹, Yu. V. Karpets¹, D. O. Grygorenko¹, B. O. Kolomoets¹,
O. I. Oboznyi¹, M. M. Miroshnichenko^{1,2}, Yu. E. Kolupaev¹

¹*V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University
(Kharkiv, Ukraine)
e-mail: yukolupaev@mail.ru*

²*National Research Center «O.N. Sokolovskiy Institute of Soil Science and Agrochemistry»
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
(Kharkiv, Ukraine)*

The influence of spraying with the solutions of jasmonic acid (JA) on the drought resistance of barley (*Hordeum vulgare* L.) plants in soil culture, their productivity in the conditions of model field experiment and resistance to fungal infections have been investigated. The treatment of plants with JA in concentration of 10^{-7} and 10^{-6} M partially removed the effect of growth inhibition invoked by the drought and reduced the water deficiency. In the conditions of normal humidification the treatment with JA reduced the quantity of plants affected by root rot pathogens. Under the influence of JA in optimum concentration in the conditions of field experiment the total biomass of above-ground part of plants increased by 17-20 %, the weight of grain raised by 10-16 % and the development of dark-brown spot was slowed down.

Key words: *Hordeum vulgare, jasmonic acid, drought, Fusarium, Bipolaris sorokiniana, resistance, productivity*

ВПЛИВ ЖАСМОНОВОЇ КИСЛОТИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ТА ЇХ СТІЙКІСТЬ ДО ПОСУХИ І ГРИБНИХ ІНФЕКЦІЙ

Г. А. Лугова¹, Ю. В. Карпець¹, Д. О. Григоренко¹, Б. О. Коломоєць¹,
О. І. Обозний¹, М. М. Мірошніченко^{1,2}, Ю. Є. Колупаєв¹

¹*Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва
(Харків, Україна)
e-mail: yukolupaev@mail.ru*

²*Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського»
Національної академії аграрних наук України
(Харків, Україна)*

Досліджували вплив обприскування розчинами жасмонової кислоти (ЖАК) на посухостійкість рослин ячменю (*Hordeum vulgare* L.) в ґрунтовій культурі, їх продуктивність в умовах модельного польового дослідження і стійкість до грибних інфекцій. Обробка рослин ЖАК в концентраціях 10^{-7} і 10^{-6} М частково знімала спричинюваний посухою ефект інгібування росту і зменшувала вододофіцит. В умовах нормального зволоження обробка ЖАК зменшувала кількість рослин, уражених збудниками кореневих гнилей. Під впливом ЖАК в оптимальних концентраціях в умовах польового дослідження загальна біомаса надземної частини рослин збільшувалася на 17-20%, маса зерна – на 10-16%, уповільнювався розвиток темно-бурої плямистості.

Ключові слова: *Hordeum vulgare, жасмонова кислота, посуха, Fusarium, Bipolaris sorokiniana, стійкість, продуктивність*