ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ИЗ *JUNIPERUS SABINA* L. НА МОБИЛИЗАЦИЮ РЕЗЕРВНЫХ ВЕЩЕСТВ И КРАХМАЛА ПРИ ПРОРАСТАНИИ СЕМЯН КУКУРУЗЫ

INFLUENCE OF *JUNIPERUS SABINA* L. EXTRACT ON THE MOBILIZATION OF RESERVE SUBSTANCES AND STARCH DURING THE GERMINATION OF CORN SEEDS

CZU: 633.15:581.142:582.477.6 **https://doi.org/10.59295/spd2024n.26**

Екатерина ПОПОВСКИЙ,
ORCID: 0000-0002-6620-4597
e-mail: ecaterina.popovschi@sti.usm.md
e-mail: popovschi.ecaterin@gmail.com
Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений,
Государственный Университет Молдовы
Дина ЕЛИСОВЕЦКАЯ,
ORCID: 0000-0003-0521-6428
e-mail: dina.elisovetcaia@sti.usm.md
Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений,
Государственный Университет Молдовы
Елена ЛУЦКАН,
ORCID: 0000-0001-9967-6665
e-mail: elena.lutcan@sti.usm.md
Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений,
Государственный Университет Молдовы
Раиса ИВАНОВА,
ORCID: 0000-0002-2554-2039
e-mail: raisa.ivanova@sti.usm.md
Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений,
Государственный Университет Молдовы
Наталья МАЩЕНКО,
ORCID: 0000-0003-1869-1357
e-mail: natalia.mascenco@sti.usm.md
Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений,
Государственный Университет Молдовы

Summary. *Starch is considered the main reserve substance of corn seeds. The purpose of our research was to study the effect of a natural growth regulator isolated from the aerial part of Juniperus sabina L. (JS) on the mobilization of reserve substances and starch from corn seeds during germination. Treatment of corn seeds before germination with diluted solutions*

of JS extract to a concentration of 0.001% and 0.0001% contributed to both an increase in the overall germination of seeds and an increase in the length of roots and the proportion of reserve substances used for their growth. The initial starch content in the seeds of the corn hybrid P427 averaged 71.67±1.66%, and during germination of intact seeds, about 6-7% of starch is mobilized. Treatment with JS solutions at various concentrations (0.1...0.0001%) increased the consumption of starch used for germination of corn seeds by 9.39-12.92%. A direct correlation has been shown between the amount of mobilized starch and metabolic efficiency.

Keywords: *corn seeds, plant extract, reserve substance, starch mobilization.*

Резюме. *Крахмал считается основным запасным веществом семян кукурузы. Целью наших исследований было изучение влияния природного регулятора роста, выделенного из надземной части Juniperus sabina L. (JS), на мобилизацию запасных веществ и крахмала из семян кукурузы при прорастании. Обработка семян кукурузы перед проращиванием разбавленными растворами экстракта JS до концентрации 0,001% и 0,0001% способствовала как повышению общей всхожести семян, так и росту длины корней и доли резервных веществ, использованных для их роста. Исходное содержание крахмала в семенах кукурузы гибрида P427 составляло в среднем 71,67±1,66%, а при прорастании интактных семян мобилизуется около 6-7% крахмала. Обработка растворами JS в различной концентрации (0,1…0,0001%) увеличивала расход крахмала, используемого на прорастание семян кукурузы на 9,39-12,92%. Показана прямая корреляция между количеством мобилизованного крахмала и метаболической эффективностью.*

Ключевые слова: *мобилизация крахмала, растительный экстракт, резервные вещества, семена кукурузы.*

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза (лат. *Zea mays* L.) занимает третье место в мире по площади посевов (после пшеницы и риса) и первое по объемам производства [1]. Эта культура широко используется в питании человека, кормах для животных, а также в качестве сырья для промышленных нужд. Питательная ценность зерна кукурузы обусловлена наличием определенных компонентов, а именно белков, жиров и углеводов, важнейшим из которых является крахмал [2]. Этот полисахарид накапливается в мучнистой части эндосперма и служит энергетическим материалом для прорастания семян, а также считается основным запасным веществом в кукурузе. Количественное содержание крахмала в семенах кукурузы варьирует в широком диапазоне (30-75%) в зависимости от генотипа или гибрида кукурузы [3].

Возделывание кукурузы в Республике Молдова имеет ряд преимуществ: благоприятные географические условия, плодородная почва для выращивания. Однако влияние таких абиотических факторов как изменяющиеся климатические условия в сторону повышения среднегодовых температур, особенно в летний период, создают трудности для получения стабильных урожаев. Способность природных препаратов в низких концентрациях стимулировать рост и развитие растений, повышать устойчивость к стрессовым условиям выращивания и увеличивать продуктивность культурных растений характеризует их как биорациональные и экологически безопасные регуляторы роста [4].

Установлено, что условия выращивания могут изменять физиологические показатели растений, равно как и использование природных биорегуляторов, которые, в зависимости от применяемой концентрации, влияют на общую всхожесть и мобилизацию резервных веществ из зерна, в том числе и крахмала [4, 5]. В настоящее время применяется достаточное количество растительных препаратов в качестве регуляторов роста кукурузы [6].

В представленной работе был использован экстракт из *Juniperus sabina* L., в состав которого входят различные сахара, полифенольные, дубильные, терпеновые соединения и другие биологически активные вещества, благодаря которым экстракт может проявляет антибактериальные, антиоксидантные свойства и другую биологическую активность [7].

Цель наших исследований состояла в изучение влияния различных концентраций растительного экстракта, полученного из надземной части можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L.), на мобилизацию резервных веществ и изменение содержания крахмала в семенах кукурузы в процессе их прорастания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта изучения использовали семена гибрида кукурузы П427, полученного в Институте растениеводства «Порумбень» Национального центра исследования и производства семян Республики Молдова. Опыты проводили на интактных семенах и семенах, обработанных растительным экстрактом из *J. sabina* различных концентраций (0,1; 0,01; 0,001 и 0,0001 %). Суммарный экстракт был получен исчерпывающей экстракцией надземной части измельченного можжевельника казацкого 70%-ным водным этанолом при нагревании с последующей фильтрацией и упариванием экстракта на роторном испарителе под вакуумом до сухого остатка. Сухой остаток экстракта был использован для приготовления растворов различных концентраций и исследования его биорегуляторных свойств на семенах кукурузы.

Проращивание семян кукурузы осуществляли в лабораторных условиях в 4-х повторностях по 50 семян в каждой в течение 7 дней при температуре 25ºС в соответствии с положениями международных правил [8]. Количество резервных веществ, мобилизованных из семян, и эффективность использования резервных веществ для прорастания семян или метаболическую эффективность определяли согласно методу и формулам расчета [4, 5]. Влажность семян кукурузы определяли общепринятым методом [9], а изменение содержания крахмала в семенах кукурузы определяли по методу Эверса [5, 10].

Анализ данных и построение графиков проводились с использованием функций программы Microsoft Office Excel. Значения были представлены как среднее значение четырех повторностей со стандартным отклонением. Взаимосвязь между отдельными параметрами исследовали с помощью коэффициента корреляции Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Начальная лабораторная всхожесть семян гибрида П427 была 92,0±3,3%. Обработка семян растворами экстракта JS высокими концентрациями 0,1 и 0,01% приводила к снижению общей всхожести семян до 62,0 и 85,0% соответственно, что указывало на подавление прорастания семян. При этом доля резервных веществ, мобилизованных на рост корней у проросших семян, также значительно уменьшилась, до 9,1% (рис.1). Этот факт еще раз подтверждает вывод о том, что на рост корней семян кукурузы сильнее, чем на проростки воздействуют неблагоприятные экзогенные факторы [4].

Использование более разбавленных растворов экстракта JS (0,001% и 0,0001%) для обработки семян кукурузы перед проращиванием способствовало как повышению общей всхожести до 94,0±2,3%, так и росту длины корней и доли резервных веществ, использованных для их роста (рис. 1).

Начальные показатели качества семян гибрида Р427 были следующими: влажность 8,51±0,61%, и содержание крахмала 71,67±1,66%. Содержание крахмала в семенах кукурузы после прорастания уменьшается в зависимости от их предварительной обработки. Так содержание крахмала в интактных семенах кукурузы (контроль) после прорастания составило 65,02±1,11%. Необходимо отметить, что из общей массы резервных веществ, израсходованных на прорастания интактных семян порядка 20% составляет крахмал.

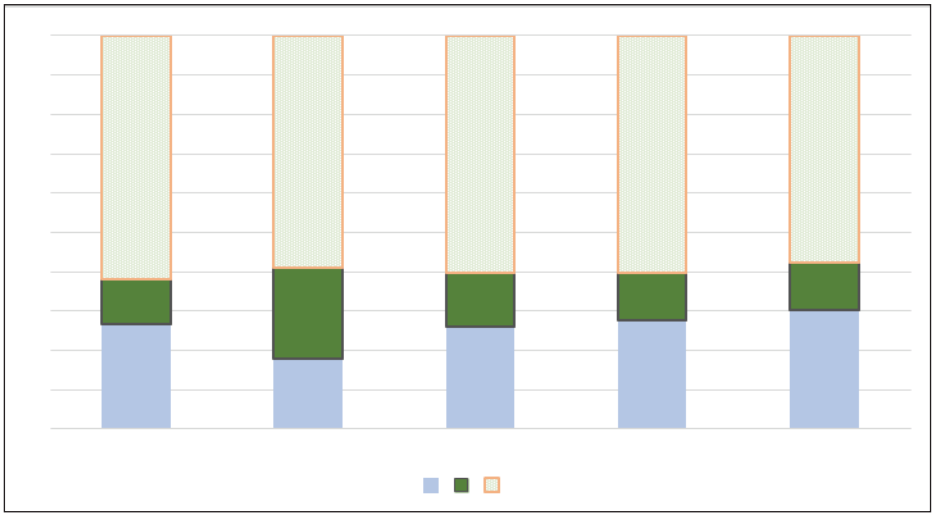


Рисунок 1. Доля резервных веществ семян кукурузы, мобилизованных при их прорастании

Под влиянием растительного экстракта JS количество крахмала, мобилизованного для прорастания семян, увеличивается от 1,4 раза (JS 0,1%) до 1,9 раза (JS

0,0001%) по сравнению с контрольными семенами (табл. 1). При этом процентное соотношение крахмала в общей массе мобилизованных резервных веществ также значительно увеличивается до 38,7 и 45,9%, соответственно для семян, обработанных JS 0,0001% и JS 0,1%. Объясняется это тем, что экзогенное воздействие растительным экстрактом приводит к дополнительной нагрузке на физиологические процессы прорастания семян, которые нуждаются в дополнительной энергии, получаемой из гидролизованного крахмала. Экстракт JS в концентрации 0,1% проявил себя как ингибитор роста корней кукурузы гибрида П427, то, что является закономерным для любого растительного биорегулятора роста растений. В зависимости от концентрации биорегулятора, вида растения и даже сорта одного и того же вида, по отношению к которому применяется препарат, он может оказать как ингибиторное, так стимулирующее действие на рост растения [11]. Итак, по мере снижения концентрации растительного экстракта JS наблюдали увеличение биомассы корней и количество крахмала, используемого для их роста и энергетического поддержания процессов прорастания кукурузы (табл. 1). При этом биомасса проростков варьировала незначительно, что отразилось и в слабых корреляционных связях между мобилизированным крахмалом и биомассами корней и проростков. Прямую положительную корреляцию выявили между мобилизованным крахмалом и метаболической эффективностью семян кукурузы гибрида П427, что подтверждается ранее найденными нами корреляциями для гибридов П180 и П369 [5].

Таблица 1. Распределение резервных веществ, мобилизованных из семян кукурузы на их прорастание

Вариант	**Масса крахмала, мг/ сем**	**Биомасса корней, мг/ сем**	**Биомасса проростков, мг/ сем**	**Метаболическая эффективность**
Контроль	20,30±2,39	27,2±3,3	11,4±0,6	0,6146
JS 0,1%	28,67±3,58	11,1±4,0	14,6±0,3	0,6984
JS 0,01%	39,44±0,34	22,9±7,2	12,2±2,2	0,6598
JS 0,001%	31,05±0,60	26,5±4,7	11,8±0,6	0,6638
JS 0,0001%	38,22±1,19	30,0±4,5	11,7±1,3	0,7329
Коэффициент корреляции Пирсона		**0,1358**	**-0,0260**	**0,6394**

ВЫВОДЫ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при обработке семян кукурузы экстрактом из *Juniperus sabina* L. отмечается интенсивный расход крахмала на прорастание по сравнению с контролем, который зависит от применяемой концентрации. Крахмал, гидролизующийся до глюкозы, используется как для

роста проростков и корешков, так на увеличение метаболической эффективности прорастания кукурузы. Учитывая положительное влияние экстракта в концентрации 0,0001% на всхожесть семян, увеличение длины и биомассы корней, а также повышение метаболической эффективности, можно рекомендовать использование его в качестве регулятора роста кукурузы

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность доктору наук Ваньковичу Н.Г. из Института Растениеводства «Порумбень» за предоставленные для исследований семена кукурузы.

Исследование было проведено в рамках Субпрограммы ***011101 «Генетические и биотехнологические подходы к управлению агроэкосистемами в условиях изменения климата»***, финансируемой Министерством Образования и Науки Республики Молдова.

ЛИТЕРАТУРА

1. ERENSTEIN, O., JALETA, M., SONDER, K., MOTTALEB, K., PRASANNA, B.M. 2022. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food security*, vol. 14, p. 1295-1319. Доступно: https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7.
2. BARANOWSKA, A. The nutritional value and health benefits of sweet corn kernels (*Zea mays ssp. Saccharata*). Health Prob Civil. 2023, vol.17, nr.4, p. 408-416. Доступно: https://doi.org/10.5114/hpc.2023.133364.
3. ОРЛОВСКАЯ, О., ВАКУЛА, С., ХОТЫЛЕВА, Л., КИЛЬЧЕВСКИЙ, А. Анализ содержания запасных углеводов в эндосперме образцов различных подвидов кукурузы (*Zea mays L.).* Молекулярная и прикладная генетика. 2016, том 21, с. 31-36. Доступно: https://doi.org/10.47612/1999-9127-2021-31-42-52
4. БОРОВСКАЯ, А.Д., ИВАНОВА, Р.А., МАЩЕНКО, Н.Е. Влияние теплового стресса и биологически активных веществ из *Linaria genistifolia* на прорастание семян кукурузы и содержание в них крахмала. In: Genetica, fiziologia şi ameliorarea plantelor. Conferința științifică internațională (Ediția a VII-a), 4-5 octombrie 2021. /com. șt. Andronic L. et al., Chișinău: Prin Caro SRL, 2021, p. 18-21. Доступно: https://doi.org/10.53040/gppb7.2021.04.
5. MASHCENKO, N., BOROVSKAIA, A., IVANOVA, R. Influence of heat shock on maize seeds germination by changes in starch content. In: Advanced biotechnologies - achievements and prospects. The VIth International scientific symposium of IGPPP, October 03-04, 2022, Chisinau, p.104-106. ISBN 978-9975-159-81-4. https://doi.org/10.53040/abap6.2022.34
6. ИВАНОВА, Р.А., БОРОВСКАЯ, А.Д., ЛУЦКАН, Е.Д., МАЩЕНКО, Н.Е., ВАНЬКОВИЧ, Н.Г., МИСТРЕЦ, С.И., СПЫНУ, А.П., ГУЗУН, Л.З. Применение биологически активных веществ природного происхождения для

инкрустации семян кукурузы (*практические рекомендации*). Кишинев: CEP USM, 2023. 41 с. ISBN. 978-9975-62-595-1.

7. ЕЛИСОВЕЦКАЯ, Д.С., НАСТАС, Т.Н., ИВАНОВА, Р.А. Растительные экстракты в качестве альтернативных средств защиты растений от вредителей. *В кн.: Экологизация защиты растений для сохранения биоразнообразия насекомых и опылителей,* отв. ред. Иванова Р.А., Бриндза Я., Нитра: Словацкий сельскохозяйственный университет в Нитре, 2020, с. 39-99. Доступно: https://doi.org/10.15414/2020.9788055222783 .
8. ISTA (International Seed Testing Association). International rules for seed testing. Chapter 5: The germination test. 2017 (1). Доступно: https://doi.org/10.15258/istarules.2017.05
9. ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности. Межгосударственный стандарт. М: Издательство стандартов, 2019, 12 с. Доступно: https://internet-law.ru/gosts/gost/60687/
10. ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки Метод определения крахмала. Межгосударственный стандарт, М: Издательство стандартов, 1998, 4с. Доступно: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294840/4294840032.pdf
11. IGNAT, I., STINGU, A., VOLF, I., POPA V.I. Natural bioactive compounds as plant growth regulators. Lucrări Ştiinţifice, seria Agronomie, 2009, vol. 52, p 187-192. Доступно: http://www.uaiasi.ro/revagrois/PDF/2009_1_189.pdf