

---

••• ФІЗИОЛОГІЯ РОСЛИН ••• PLANT PHYSIOLOGY •••

---

УДК: 581.143:631.811

**Модификация проницаемости клеточных мембран корнеплодов свёклы столовой *Beta vulgaris* L. при действии «Этамона» и гумата калия**  
**В.А.Варавкин**

*Сумской национальный аграрный университет (Сумы, Украина)*  
*varv13@yandex.ru*

Исследовали влияние различных концентраций регуляторов роста – «Этамона» и гумата калия во временной зависимости на проницаемость клеточных мембран корнеплодов столовой свёклы *Beta vulgaris* L. Установлено, что регуляторы роста «Этамон» и гумат калия при низких концентрациях значительно усиливают проницаемость клеточных мембран корнеплодов свёклы столовой *Beta vulgaris* L. Установлено соответствие физиологической активности регуляторов роста по действию на мембраны клеток с их действием на целые растения.

**Ключевые слова:** свёкла столовая *Beta vulgaris* L., проницаемость мембран, регуляторы роста.

**Модифікація проникності клітинних мембран корнеплодів буряків столових *Beta vulgaris* L. при дії «Етамону» і гумату калію**  
**В.О.Варавкін**

Досліджували вплив різних концентрацій регуляторів росту – «Етамону» і гумату калію у часовій залежності на проникність мембран клітин корнеплодів буряків столових *Beta vulgaris* L. Встановлено, що регулятори росту «Етамон» і гумат калію при низьких концентраціях значно підсилюють проникність мембран клітин корнеплодів буряків столових *Beta vulgaris* L. Встановлено відповідність фізіологічної активності регуляторів росту за дією на мембрани клітин з їх дією на цілі рослини.

**Ключові слова:** буряки столові *Beta vulgaris* L., проникність мембран, регулятори росту.

**Modification of cell membranes permeability in the roots of red beet *Beta vulgaris* L. at action of “Etamon” and potassium humate**  
**V.A.Varavkin**

There have been studied effects of different concentrations of growth regulators "Etamon" and potassium humate in time dependence on the permeability of cell membranes in the roots of red beet *Beta vulgaris* L. It has been found that plant growth regulators "Etamon" and potassium humate in low concentrations increase significantly permeability of cell membranes of *Beta vulgaris* L. It has been shown that physiological activity of plant growth regulators (by their action on cell membranes) is in accordance with their action on the whole plants.

**Key words:** red beet *Beta vulgaris* L., membranes permeability, growth regulators.

**Введение**

Степень проницаемости клеточных мембран растительных клеток имеет определяющее значение при поглощении питательных веществ и воды. Интенсивность проникновения одновременно поступающих в клетку воды и минеральных веществ зависит от состояния клеточных мембран. Поглощение растворов клеткой связано со свойствами плазмалеммы, которые могут меняться под воздействием внешних реагентов. Проникающие через плазмалемму вещества связываются самой цитоплазмой либо поступают из неё в вакуоли. Вещества, модифицирующие проницаемость клеточных мембран, повышают активность ферментов в условиях дефицита влаги и нормализуют водный статус растений (Маменко и др., 2009; Маменко, Ярошенко, 2010; Маменко, 2011).

С целью оптимизации поступления минеральных веществ и воды применяют синтетические регуляторы роста (Мирсалихова, 1978; Приходько та ін., 1997; Москалик и др., 2001), при помощи которых происходит модификация состояния клеточных мембран. После воздействия на мембраны

биологически активных соединений изменяется интенсивность поступления веществ в клетки. Проникновение через полупроницаемую мембрану и распределение в цитоплазме и органеллах рострегулирующих веществ имеет значение для регуляции процессов жизнедеятельности, что, как правило, характеризует их биологическую активность (Калинин, 1996).

Для модификации проницаемости клеточных мембран растений используют ряд препаратов различной химической природы, которые проникают в клетки и включаются в обменные процессы. В результате указанные соединения повышают интенсивность фотосинтеза и коэффициент использования воды (Григорюк и др., 1989; Варавкин, 2010).

Учитывая важность воздействия биологически активных веществ на изменение интенсивности прохождения основных физиологических процессов и повышения продуктивности растений через модификацию клеточных мембран с последующими их морфоструктурными изменениями, возникает необходимость изучения их проницаемости при действии регуляторов роста различной химической природы. Также актуален поиск оптимальных концентраций регуляторов роста, усиливающих проницаемость мембран, в том числе препаратов, широко применяемых на посевах полевых культур. В связи с этим целью нашей работы было исследовать динамику проницаемости клеточных мембран растительных клеток, во временной и концентрационной зависимости, при действии высокоэффективных регуляторов роста – «Этамона» и гумата калия.

### Методика

В качестве модификаторов проницаемости клеточных мембран использовали препараты «Этамон» (диметил фосфорнокислый диметил-бис холин) (Жирмунская и др., 1991; Кожукало, 1999), гумат калия (соль гуминовой кислоты) (Кулаков, 1992). Изучение проведено в Институте физиологии растений и генетики НАН Украины. С целью изучения действия препаратов на мембраны клеток были взяты постепенно возрастающие концентрации в диапазоне 0,001–2 %. Об изменении проницаемости клеточных мембран судили по интенсивности выделения бетацианинов из кружков коренеплодов свёклы столовой *Beta vulgaris* L., сорта Бордо-237, с диаметром 1 см и толщиной 1,5 мм (Клейн, Клейн, 1971). Определение оптической плотности бетацианина растительных клеток проводили на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 540 нм. Из корнеплода свёклы сверлом для пробок №1 вырезали столбики и делали из них срезы одинакового размера с помощью режущего приспособления с двумя лезвиями. Промывку дисков *Beta vulgaris* L. проводили в дистиллированной воде, с её частой заменой до полного исчезновения окраски. Затем воздействовали на них регуляторами роста – «Этамоном» и гуматом калия, путём выдерживания дисков свёклы в растворах различной концентрации. Оптическую плотность, которую определяли на спектрофотометре, принимали в качестве меры модификации проницаемости мембран через установленный ранее интервал времени. Выход бетацианинов из тканей корнеплода *Beta vulgaris* L. указывал на изменения, происходящие в плазмалемме и тонопласте клеток, влияющие на их проницаемость.

Повторность опытов четырёхкратная. Все полученные данные обработаны статистически (Доспехов, 1985) (на рис. 1. обозначены стандартные отклонения от среднего, а в табл. 1 приведено НСР<sub>01</sub>).

### Результаты и обсуждение

Действие минимально взятой концентрации препарата «Этамон» ( $1 \cdot 10^{-3}\%$ ) усиливало выход бетацианинов уже через час после начала проведения исследований (табл. 1). К концу опыта разница с контролем составляла 21,8%. С увеличением концентрации препарата «Этамон» до  $1 \cdot 10^{-2}\%$  интенсивность выхода бетацианинов усиливалась на протяжении всего опыта и достигала максимальных значений во времени на всех этапах его проведения. Так, через два часа значения данного варианта превышали контрольное значение на 38,2%, а через двадцать – на 55,1%. Необходимо отметить, что действие препарата «Этамон» в концентрации  $1 \cdot 10^{-2}\%$  на усиление проницаемости клеточных мембран максимально по сравнению с другими концентрациями данного регулятора роста. Это даёт основание считать данную концентрацию наиболее оптимальной для усиления проницаемости клеточных мембран растительных тканей.

Дальнейшее увеличение концентрации препарата «Этамон» значительно снижало выход бетацианинов из тканей *Beta vulgaris* L. Через два часа после начала проведения исследований, с 1 и 2% препаратом, выход бетацианинов снижался относительно контроля на 38,2% и 49,1%. Аналогичное действие для этих концентраций препарата было установлено через 20 часов опыта –

снижение соответственно на 36,3% и 77%. То есть стабилизирующий эффект действия препарата на мембраны проявлялся при повышении концентрации, характеризуя защитную реакцию клеток.

Обработка растительных тканей гуматом калия в концентрации  $1 \cdot 10^{-3}\%$  усиливала выход бетацанинов в раствор (рис. 1). Однако эффект проявлялся только через два часа от начала проведения исследований, где проницаемость мембран увеличивалась на 25%. Через 20 часов проведения опыта происходило снижение выхода бетацанинов на 22,8%, что указывает на высокую активность препарата, даже в минимально взятой концентрации, при прохождении процессов стабилизации клеточных мембран.

Таблица 1.

**Проницаемость клеточных мембран корнеплодов столовой свёклы при воздействии препарата «Этамон»**

Концентрация препарата	Изменение оптической плотности (относительные единицы) в течение экспозиции, часы			
	0,5	1	2	20
Контроль (дистилл. вода)	0,023	0,045	0,055	0,156
«Этамон» $1 \cdot 10^{-3}\%$	0,022	0,048	0,068	0,190
«Этамон» $1 \cdot 10^{-2}\%$	0,027	0,050	0,076	0,242
«Этамон» 1%	0,013	0,016	0,034	0,099
«Этамон» 2%	0,010	0,023	0,028	0,036
НСР <sub>01</sub>	0,002	0,002	0,003	0,008

Действие на диски *Beta vulgaris* L. гуматом калия в концентрации  $1 \cdot 10^{-2}\%$  увеличивало проницаемость клеточных мембран через 30 минут от начала исследований на 30,4%, но в дальнейшем происходит значительное её снижение, что указывает на прохождение в клеточных мембранах стабилизационных процессов. Увеличение концентрации препарата до 1,0–2,0 % снижало проницаемость клеточных мембран, а в первые 30 минут опыта выход бетацанинов практически отсутствовал.

Таблица 2.

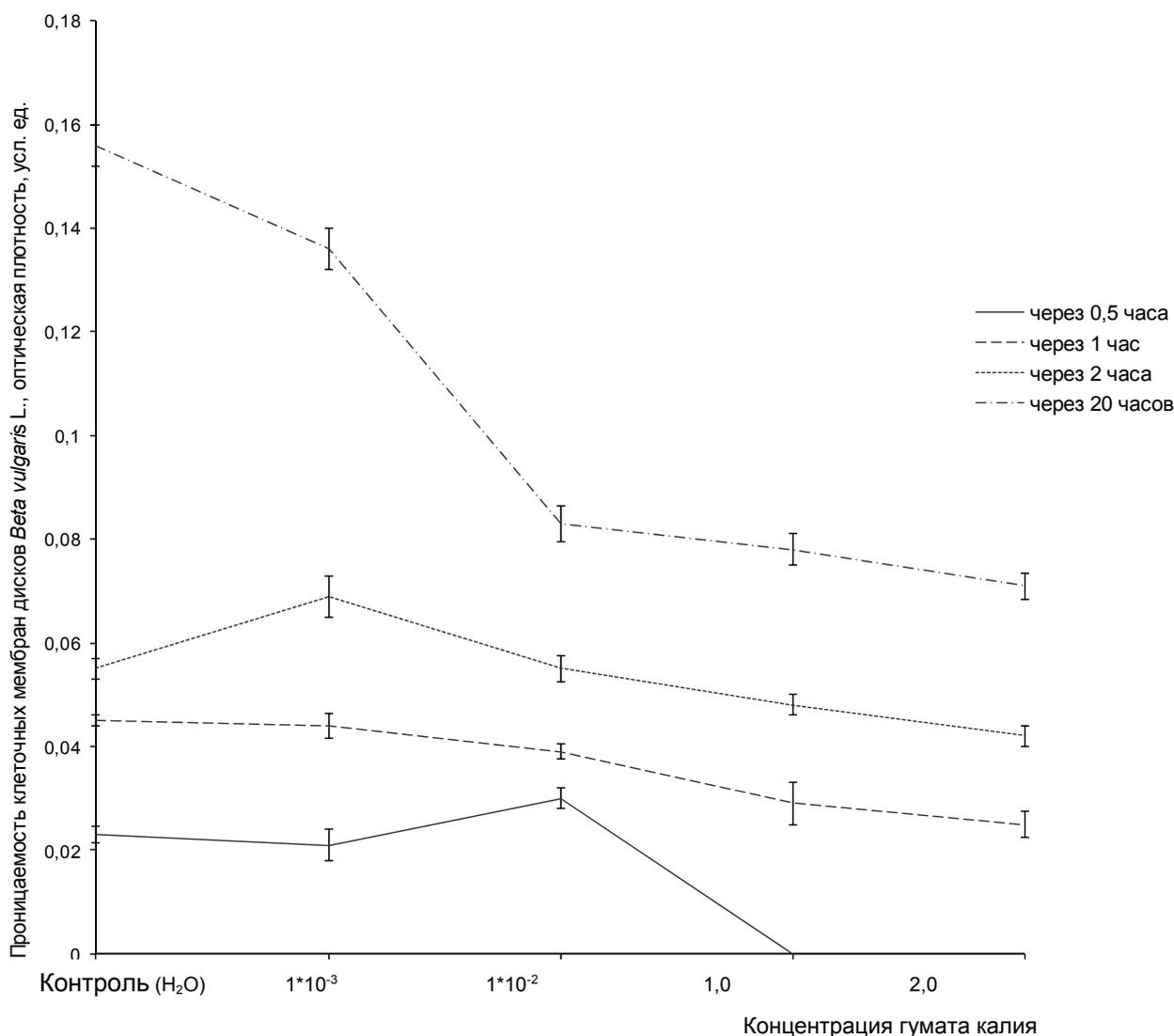
**Усиление проницаемости клеточных мембран при действии оптимальных концентраций регуляторов роста «Этамон» и гумата калия в связи с продуктивностью растений**

Регуляторы роста	Оптимальные концентрации, максимально усиливающие проницаемость клеточных мембран, %	Степень усиления проницаемости мембран через 2 часа после начала эксперимента (в сравнении с контролем, %)	Рекомендуемые концентрации для обработки вегетирующих растений, %	Прибавка урожайности сахарной свёклы <sup>▼</sup> и ячменя ярового <sup>▲</sup> от применения концентраций, усиливающих проницаемость клеточных мембран, ц/га
«Этамон»*	0,01	138,2	0,024–0,04	29,8 <sup>▼</sup>
Гумат калия	0,001	125,4	0,003	6,6 <sup>▲</sup>

\*Примечание: концентрация препарата «Этамон» представлена в препаративной форме.

Несомненно, важное значение в модификации проницаемости клеточных мембран, как показали данные исследований, имеет не только определённо взятая концентрация раствора препарата, но и фактор длительности воздействия на мембраны растительных клеток. Подбор оптимальных концентраций регуляторов роста для применения на различных растительных объектах определяет эффективность их использования. В связи с этим нами была установлена степень усиления проницаемости клеточных мембран, её интервал времени в зависимости от вида регулятора роста («Этамон» и гумат калия), и оптимальные концентрации, максимально усиливающие проницаемость клеточных мембран (табл. 2).

Показано, что регуляторы роста максимально усиливают проницаемость клеточных мембран при низких концентрациях (0,001–0,01 %). В наибольшей степени усиление проницаемости клеточных мембран происходило при действии препарата «Этамон» через 20 часов исследований. Установлена зависимость между оптимальными концентрациями, максимально усиливающими проницаемость мембран, и концентрациями, которые рекомендуются для обработки вегетирующих растений.



**Рис. 1.** Зависимость проницаемости клеточных мембран коренеплодов столовой свёклы *Beta vulgaris* L. от времени при действии различных концентраций гумата калия

Таким образом, исходя из динамики действия регуляторов роста «Этамон» и гумата калия на проницаемость клеточных мембран тканей *Beta vulgaris* L., установлены общие тенденции. Оба препарата различной химической природы усиливают выход бетацанининов в минимально взятой концентрации через два часа проведения опытов. С увеличением изучаемых концентраций до  $1 \cdot 10^{-2}\%$  происходит усиление проницаемости в варианте с препаратом «Этамон» до конца опыта, а с гуматом калия в первые 30 минут с последующим переходом на процессы стабилизации в клеточных мембранах. Действие высоких концентраций (1–2 %) вызывает в обоих вариантах стабилизирующий эффект.

Установлено соответствие физиологической активности регуляторов роста – «Этамона» и гумата калия по влиянию на усиление проницаемости мембран клеток с ранее изученным их действием на повышение продуктивности целых растений (Білоножка та ін., 1998; Варавкин и др., 2007). Целесообразно, для рационального применения изученных препаратов, провести снижение концентраций рабочих растворов на выращиваемых культурах.

### Список литературы

- Білоножка М.А., Варавкін В.О., Кожукало В.Є. Вплив гумату калію на продукційні процеси у ярого ячменю // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 1998. – №10. – С. 62–67. /Bilozhko M.A., Varavkin V.O., Kozhukalo V.Ye. Vplyv gumatu kaliyu na produktsiynny protsesy u yarogo yachmenyu // Naukovyy visnyk Natsional'nogo agrarnogo universytetu. – 1998. – №10. – S. 62–67./
- Варавкин В.А. Углекислотный газообмен и фитогормональный статус листьев сахарной свёклы после обработки семян этамоном // Физиология и биохимия культ. растений. – 2010. – Т.42, №1. – С. 73–78. /Varavkin V.A. Uglekislotnyy gazoobmen i fitogormonal'nyy status list'yev sakharnoy svekly posle obrabotki semyan etamonom // Fiziologiya i biokhimiya kul't. rasteniy. – 2010. – T.42, №1. – S. 73–78./
- Варавкин В.А., Вакал А.П., Кабанец В.М. Рост и продуктивность сахарной свёклы после обработки этамоном // Вісник Сумського національного аграрного університету, серія «Агронімія і біологія». – 2007. – №10–11 (14–15). – С. 194–198. /Varavkin V.A., Vakal A.P., Kabanets V.M. Rost i produktivnost' sakharnoy svekly posle obrabotki etamonom // Visnyk Sums'kogo natsional'nogo agrarnogo universytetu, seriya «Agronomiya i biologiya». – 2007. – №10–11 (14–15). – S. 194–198./
- Григорюк И.А., Шматько И.Г., Мануильский В.Д. и др. Действие полиуретансемикарбазида на растения озимой пшеницы и картофеля в условиях засухи. Препр. Ин-т физиологии растений и генетики, ИФРГ–89–7–3. – К., 1989. – 48с. /Grigoryuk I.A., Shmat'ko I.G., Manuil'skiy V.D. i dr. Deystviye poliuretanssemikarbazida na rasteniya ozimoy pshenitsy i kartofelya v usloviyakh zasukhi. Prepr. In-t fiziologii rasteniy i genetiki, IFRG–89–7–Z. – K., 1989. – 48s./
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с. /Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351s./
- Жирмунская Н.К., Приходько Н.В., Овсянникова Т.В. и др. Новый регулятор роста этамон – стимулятор роста корневой системы // Агрехимия. – 1991. – №11. – С. 96–104. /Zhirmunskaya N.K., Prikhod'ko N.V., Ovsyannikova T.V. i dr. Novyy regulyator rosta etamon – stimulyator rosta kornevoy sistemy // Agrokhimiya. – 1991. – №11. – S. 96–104./
- Калинин Ф.Л. Химическая регуляция метаболизма, роста и продуктивности растений // Физиология и биохимия культ. растений. – 1996. – Т.28, №3. – С. 123–139. /Kalinin F.L. Khimicheskaya regulyatsiya metabolizma, rosta i produktivnosti rasteniy // Fiziologiya i biokhimiya kul't. rasteniy. – 1996. – T.28, №3. – S. 123–139./
- Клейн Р.М., Клейн Д.М. Методы исследования растений. – М: Колос, 1971. – 528с. /Kleyn R.M., Kleyn D.M. Metody issledovaniya rasteniy. – M: Kolos, 1971. – 528s./
- Кожукало В.Є. Вплив мембранно-активних адаптогенів на ферменти вуглеводного обміну цукрових буряків. Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – 03.00.12. – Київ, 1999. – 19с. /Kozhukalo V.E. Vplyv membranno-aktyvnykh adaptogeniv na fermenty vuglevodnogo obminu tsukrovyykh buryakiv. Avtoref. dys. ... kand. biol. nauk. – 03.00.12. – Kyiv, 1999. – 19s./
- Кулаков В.Н. Гуминовые удобрения спасут русское поле. – Тула: изд-во «Пересвет», 1992. – С. 131–136. /Kulakov V.N. Guminovyye udobreniya spasut russkoye pole. – Tula: izd-vo «Peresvet», 1992. – S. 131–136./
- Маменко Т.П. Вплив посухи й саліцилової кислоти на активність фенілаланіаміакліази, гваяколпероксидази і проникність клітинних мембран у листках озимієї пшениці // Физиология и биохимия культ. растений. – 2011. – Т.43, №4. – С. 344–351. /Mamenko T.P. Vplyv posukhy i salitsylovoi kysloty na aktyvnist' fenilalaninamiakliazy, gvayakolperoksydazy i pronyknyst' klitynnykh membran u lystkakh ozymoi pshenytsi // Fiziologiya i biokhimiya kul't. rasteniy. – 2011. – T.43, №4. – S. 344–351./

Маменко Т.П., Ярошенко Е.А., Якимчук Р.А. Водный статус и продуктивность озимой пшеницы при действии засухи и салициловой кислоты // Физиология и биохимия культ. растений. – 2009. – Т.41, №5. – С. 447–453. /Mamenko T.P., Yaroshenko Ye.A., Yakimchuk R.A. Vodnyy status i produktivnost' ozimoy pshenitsy pri deystvii zasukhi i salitsilovoy kisloty // Fiziologiya i biokhimiya kul't. rasteniy. – 2009. – T.41, №5. – S. 447–453./

Маменко Т.П., Ярошенко О.А. Зміни активності антиоксидантних ферментів у листках озимої пшениці, індуковані саліциловою кислотою в умовах посухи // Физиология и биохимия культ. растений. – 2010. – Т.42, №6. – С. 513–521. /Mamenko T.P., Yaroshenko O.A. Zminy aktyvnosti antyoksydantnykh fermentiv u lystkakh ozymoi pshenitsi, indukovani salitsylovoyu kyslotoyu v umovakh posukhy // Fiziologiya i biokhimiya kul't. rasteniy. – 2010. – T.42, №6. – S. 513–521./

Мирсалихова Н.М. Стабилизация Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> аденозинтрифосфатазы ДМСО при инактивации мочевиной // Биохимия. – 1978. – Т.43, №1. – С. 34–39. /Mirsalikhova N.M. Stabilizatsiya Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> adenzotrifosfatazy DMSO pri inaktivatsii mochevinoy // Biokhimiya. – 1978. – T.43, №1. – S. 34–39./

Москалик Г.Г., Блошко М.М., Оплачко Л.Т. Влияние 6-бензиламинпурина и полистимулина К на активность глутаминсинтетазы в проростках салата посевого при различных формах азотного питания // Физиология и биохимия культ. растений. – 2001. – Т.43, №6. – С. 518–521. /Moskalik G.G., Bloshko M.M., Oplachko L.T. Vliyaniye 6-benzilaminpurina i polistimulina K na aktivnost' glyutaminsintetazy v prorostkakh salata posevnogo pri razlichnykh formakh azotnogo pitaniya // Fiziologiya i biokhimiya kul't. rasteniy. – 2001. – T.43, №6. – S. 518–521./

Приходько М.В., Булах А.А., Кожукало В.Е., Варавкін В.О. Етамон – високоефективний регулятор росту // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 1997. – №2. – С. 32–34. /Prykhod'ko M.V., Bulakh A.A., Kozhukalo V.E., Varavkin V.O. Etamon – vysokoeffektyvnyy regulyator rostu // Naukovyy visnyk Natsional'nogo agrarnogo universytetu. – 1997. – №2. – S. 32–34./

---

**Представлено: А.П.Вакал / Presented by: A.P.Vakal**

**Рецензент: В.В.Жмурко / Reviewer: V.V.Zhmurko**

*Подано до редакції / Received: 17.04.2012*