

**С. Алтайулы**, к.т.н., **К. А. Елеуқенова\***, к.т.н.  
**З. Аликулов**, к.б.н.

Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева  
Национальный центр научно-технической информации\*

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКЗОГЕННОГО ФОСФАТА  
НА СОДЕРЖАНИЕ ФОСФОЛИПИДОВ  
В ЗРЕЛЫХ СЕМЕНАХ СОИ**

---

---

При подкормке растений сои, выращенных в нормальных условиях в полевой почве, раствором фосфата через корни, особенно через листья, обнаружено повышение содержания фосфолипидов в спелых семенах сои. При высокой концентрации сульфата в почве наблюдается пониженный уровень общего содержания фосфолипидов. При листовой подкормке сои фосфатом, выращенной в присутствии умеренной концентрации сульфата, уровень фосфолипидов резко повышается. Полученные результаты могут иметь важное значение при выращивании этой культуры в условиях Казахстана.

**Ключевые слова:** семена сои, фосфолипиды, соя, содержание фосфолипидов.



Қалыпты жағдайда дала топырағында өсірілген қытай бұршақты тамыры арқылы, өсіресе жапырағы арқылы фосфат ерітіндісімен тыңайтқанда оның пісіп жетілген дәндеріндегі фосфолипидтердің жалпы мөлшерінің жоғарылайтыны анықталды. Топырақта сульфат концентрациясы жоғары болғанда қытай бұршақ дәндеріндегі фосфолипидтің жалпы мөлшерінің төмендейтіні байқалады. Сульфатпен тұзданған топырақта өскен сояның жапырақтарына бұрқа арқылы фосфат бергенде оның дәндеріндегі фосфолипидтердің мөлшері күрт жоғарылады. Алынған нәтиженің Қазақстанның сульфатпен тұзданған топырақтарында қытай бұршақты өсіруде үлкен маңызы болуы мүмкін.

**Түйінді сөздер:** қытай бұршақ дәндері, фосфолипидтер, қытай бұршақ, фосфолипидтер мөлшері.



When nurturing soybean plants, grown under normal conditions in the field soil, by the phosphate solution through the roots, especially through the leaves, we found out that the levels of phospholipids in mature soybean seeds increases. At high concentrations of sulfate in the soil the level of total phospholipids decreases. The foliar nurture of soybean, grown in the presence of moderate concentrations of sulfate, by phosphate the level of phospholipids increases. These results may be important in growing this crop in Kazakhstan.

**Key words:** soybean seeds, phospholipids, soybean, phospholipid content.

Одной из важных групп биологических молекул в живых организмах являются фосфолипиды. Их главная роль в образовании клеточной мембраны, а также митохондрии, хлоропластов и других внутриклеточных органелл. Фосфолипиды - фосфатидилхолин (или лецитин), фосфатидилэтаноламин, фосфатидилинозитолы в малой степени фосфатидил серин являются основными компонентами клеточной мембраны всех живых организмов [3]. Как известно, из насыщенных жирных кислот в состав фосфолипидов входят миристиновая, пальмитиновая и стеариновая кислоты, а из ненасыщенных - олеиновая, линолевая и арахидоновая кислоты [2].

Полезное воздействие фосфатидилхолина (и других фосфолипидов) на здоровье человека известно давно и оно различно. Лецитин в качестве эмульгатора (растворителя) улучшает поглощение клетками жирорастворимых витаминов А, Е и К [4] и усиливает расщепление жирных зерен в капиллярах печени, предотвращает накопление холестерина и других жиров на стенках артерии. Фосфатидилхолин в тканях мозга превращается в ацетилхолин, который играет важную роль в переносе сигналов между нервными клетками. Эфирные фосфолипиды имеют значение для жизнедеятельности галофильных (любящих солевую среду) организмов. К ним относятся галобактерии и протозои, которые живут в среде, содержащей NaCl до концентрации 4М [3], и расшифровка механизма действия фосфолипидов в устойчивости клетки к соли необходима для улучшения устойчивости растений к засолению среды обитания. Таким образом, изучение синтеза фосфолипидов в масличных культурах, особенно в условиях Казахстана, является актуальным.

Перед выращиванием семена сои стерилизовали этиловым

спиртом или перманганатом калия в течение 30 мин., затем несколько раз тщательно промывали дистиллированной водой и сажали в почву, взятую из полей Акмолинской области, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур. Почва очищалась от растительных материалов. Сульфат или молибдат в почву добавлялся в виде раствора. Раствор фосфата составляли смесь однозамещенного ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) и двузамещенного ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) фосфата калия. При листовой подкормке раствором фосфата опрыскивали нижнюю поверхность листьев сои. Опрыскивание проводили утром. Общее содержание фосфолипидов определяли согласно методу [1].

Как было сказано выше, фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноамин и фосфатидилинозитол являются основными фосфолипидами соевого масла. Нами было изучено влияние различных форм удобрения на содержание этих фосфолипидов в зрелых семенах сои.

Важным химическим элементом в молекуле фосфолипидов является фосфат, поэтому нами было изучено влияние различных форм подкормки растений раствором фосфата. Подкормку проводили перед цветением растений. Использовали 2 вида подкормки - корневую и листовую. В первом варианте в начале цветения растений в корневую почву удобряли 10 наномольным раствором смеси одно- и двузамещенного фосфата натрия. Во втором варианте в этот период развития растений его листья удобряли опрыскиванием (foliarfertilization) такого раствора фосфата натрия. После периода полного созревания семена были собраны и в них определено содержание фосфолипидов (табл.1).

Таблица 1

**Содержание фосфолипидов в зрелых семенах сои, подкормленных минеральным фосфатом различными способами**

Вариант	Содержание фосфолипидов (мкг фосфолипида на 1 г зрелых семян)
Контроль	15.2 ± 2.4
Корневая подкормка	18.6 ± 2.3
Листовая подкормка	22.5 ± 3.7

Полученные результаты по определению уровня фосфолипидов в семенах сои убедительно показывают, что в казахстанской почве (по крайней мере в почве Акмолинской области) содержания фосфора недостаточно для максимального образования фосфолипидов. Корневая подкормка сои перед цветением повышает (в 1,2 раза) общий уровень фосфолипидов. В то же время опрыскивание верхних молодых листьев, или листовая подкормка раствором фосфата, почти 1,5 раза повысило общий уровень фосфолипидов в зрелых семенах сои. Таким образом, для повышения уровня фосфолипидов в семенах в условиях Казахстана необходима дополнительная подкормка фосфатом. Самым эффективным способом удобрения для повышения уровня фосфолипидов оказалась листовая подкормка растений.

Установлено, что поглощение (или перенос через плазматическую мембрану клетки) ионов фосфата, сульфата и молибдата осуществляет один белок-переносчик, т.е. через мембрану клетки эти оксианионы активно переносят один белок. Это говорит о том, что во время поглощения минералов из почвы между фосфатом, сульфатом и молибдатом может происходить конкуренция за связывание с этим переносчиком. Как известно, одним из типов засоления почвы является сульфатное, т.е. содержание сульфатов бывает очень высокое, поэтому исследовалось влияние содержания сульфата и молибдата в почве на уровень фосфолипидов в зрелых семенах сои. Растение выращивали в почвах, помещенных в специальные пластиковые ящики и содержащих 100 миллимоли (или 0.58 %) соли сульфата ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), или 10 микромоли молибдата ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ). Растение выращивалось в природных условиях, т.е. на улице с конца апреля по середину сентября. В зрелых семенах сои определяли содержание фосфолипидов в конце октября (табл. 2). Как видно, в присутствии сульфата или молибдата в почве значительно снижается содержание фосфолипидов в семенах сои. Это подтверждает то, что для этиханионов в плазматической мембране имеется общий белок-переносчик и за него между ними происходит конкуренция.

В следующих экспериментах изучали влияние различных концентраций экзогеннодобавленного фосфата на уровень фос-

Таблица 2

**Содержание фосфолипидов в семенах сои, выращенных в почвах, содержащих сульфат или молибдат**

Вариант почвы	Содержание, мкг/г
Контрольная почва без добавления	14.7±1.2
Почва, содержащая фосфат	18.5± 2.7
Почва, содержащая сульфат	5.4± 0.7
Почва, содержащая молибдат	7.8± 1.2

фолипидов в семенах сои, выращенного в присутствии 100 мМ сульфата. Растение удобрялось через корни (корневая подкормка) и листья (листовая подкормка). Подкормка производилась перед началом фазы цветения растений.

Таблица 3

**Зависимость содержания фосфолипида в зрелых семенах сои от типа подкормки фосфатом в условиях сульфатного засоления почвы**

Вид подкормки	Экзогеннодобавленный фосфат	Содержание фосфолипидов, мкг/г
Корневая	Контроль (почва с 100 мМ сульфатом)	5.8 ± 0.3
	10 мкМ	5.7 ± 1.2
	100 мкМ	6.2 ± 0.9
	1 мМ	6.8 ± 1.5
	10 мМ	7.3 ± 1.8
	100 мМ	12.8 ± 1.7
Листовая	10 мкМ	6.7 ± 0.8
	100 мкМ	7.4 ± 0.9
	1 мМ	10.2 ± 1.4
	10 мМ	15.3 ± 2.2
	100 мМ	19.8 ± 1.9

Как видно из табл. 3, даже 0,5 %-ное содержание сульфата в почве сильно снижает общий уровень фосфолипидов в зрелых

семенах сои. Подкормка корней растений возрастающей концентрацией фосфата слабо влияет на уровень фосфолипидов в семенах. Только в концентрации 100 мМ фосфата в почве резко (в 2 раза) повышался общий уровень фосфолипидов в семенах. В то же время при листовой подкормке, начиная с 1 мМ фосфата возрастает общий уровень фосфолипидов семян. При опрыскивании верхних листьев раствором 100 мМ фосфата уровень фосфолипидов резко (почти 3,5 раза) повышался.

Таким образом, обеспечение растений фосфатом прямо влияет на уровень синтеза фосфолипидов в зрелых семенах сои. Общеизвестно, что оксианионы (сульфат, молибдат и ванадат) транспортируются в клетку одним и тем же белком-переносчиком. Иначе говоря, присутствие более высокой концентрации одного из них подавляет поглощение других ионов. Это имеет очень большое значение потому, что почвы региона Аральского моря и примыкающих к нему областей, сильно засолены не только хлоридами, но и сульфатами. Уровень засоления почвы сульфатами доходит до 3 %. Слабое сульфатное засоление вызывает недостаток фосфора для растений, который имеет большое значение для масличных культур, как соя. Разработка и оптимизация концентрации и периода листовой подкормки сои фосфатом позволят повысить урожайность и качество растительного масла.

### Литература

1 *Bishop W.R., Bell R.M.* Assembly of phospholipids into cellular membranes: biosynthesis, transmembrane movement and intracellular translocation // *Annu.Rev.Cell Biol.* - 1988. - № 4. - S. 579-610.

2 *Raetz C.R.H., Dowhan W.* Biosynthesis and function of phospholipids in *Esherichia coli*. // *J.Biol.Chem.* - 1990. - № 265. - S. 1235-1238.

3 *Dowhan W.* Molecular basis for membrane phospholipids diversity: why are there so many lipids? // *Annu.Rev.Biochem.* - 1997. - № 66. - S. 199-232.

4 *Dobrosotskaya Y.* Regulation of SREBP processing and membrane lipid production by phospholipids in *Drosophila* // *Science.* - 2002. - № 296 (5569). - S. 879-883.