

**КОРРЕЛЯЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ КРАХМАЛА В ТКАНЯХ ПОБЕГОВ  
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА ЕЛЬ (PICEA A. DIETR.)**

**Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кулькова А.В., Широков А.И.**

**Реферат.** В статье рассматриваются результаты корреляционного и регрессионного анализа содержания крахмала в тканях годичных побегов различных видов ели в условиях интродукции в Нижегородскую область. Даны оценки тесноты связи анализируемых показателей, приведены уравнения регрессии. Установлена наибольшая положительная корреляция между содержанием крахмала во флоэме и его суммарным количеством. Цель исследования – выявить наличие и определить тесноту связи между показателями содержания крахмала в тканях годичных побегов у различных видов ели. Анализировали одновозрастные деревья с одинаковой площадью питания и прочими равными условиями произрастания. Всего протестировано 145 образцов, заготовленных в марте 2016 года. Связь между содержанием крахмала по отдельными тканями в этом отношении существенно меньше.

**Ключевые слова:** ель, интродукция, крахмал, ткани побегов, корреляция, регрессия.

**Введение.** Характеристики физиологического состояния растений (морозостойкость, сроки выхода из состояния покоя, скорость роста, сроки макро- и микроспорогенеза и др.) определяют приспособленность их организма к среде и его выживаемость (Бессчетнова, 2012; 2015; 2016; Бессчетнов, 2013; Mencuccini, 2010; 2013). С устойчивостью растений к неблагоприятным экологическим условиям связывают наличие крахмала в тканях побегов. Исследования в указанном аспекте проводятся достаточно широко (Бессчетнова, 2010; 2013; Ericsson, 1983; Brahim, 1996; Ludlow, 1997; Kakei, 1999; Schaberg, 2000; Mencuccini, 2010; Woodruff, 2011).

Цель исследования – выявить наличие и определить тесноту связи между показателями содержания крахмала в тканях годичных побегов у различных видов ели.

Объект исследования: коллекционные посадки 13 видов ели в ботаническом саду Нижегородского государственного университета имени Н.И. Лобачевского.

Предметом исследования явилась корреляция и регрессия содержания крахмала в различных тканях побегов интродуцированных и аборигенных видов рода ель.

**Условия материалы и методы исследований.** При выполнении работы реализованы полевой стационарный и

Таблица 1 – Корреляция между показателями содержания крахмала

Показатель	Признаки содержания крахмала в тканях побегов					
	признак 1	признак 2	признак 3	признак 4	признак 5	признак 6
Содержание крахмала в сердцевине (признак 1)						
r	1,000	0,058	0,277	0,053	0,129	0,691
± m <sub>r</sub>	0,00	0,083	0,080	0,084	0,083	0,060
t <sub>r</sub>	99(9)	0,69	3,45	0,64	1,56	11,4
Содержание крахмала в сердцевинных лучах (признак 2)						
r	0,058	1,000	0,230	0,098	0,121	0,487
± m <sub>r</sub>	0,083	0,00	0,081	0,083	0,083	0,073
t <sub>r</sub>	0,69	99(9)	2,82	1,17	1,45	6,7
Содержание крахмала во флоэме (признак 3)						
r	0,277	0,230	1,000	-0,038	0,098	0,779
± m <sub>r</sub>	0,080	0,081	0,00	0,084	0,083	0,052
t <sub>r</sub>	3,45	2,82	99(9)	0,45	1,18	14,9
Содержание крахмала в феллогене (признак 4)						
r	0,053	0,098	-0,038	1,000	0,154	0,107
± m <sub>r</sub>	0,084	0,083	0,084	0,00	0,083	0,083
t <sub>r</sub>	0,64	1,17	0,45	99(9)	1,86	1,3
Содержание крахмала в корке (признак 5)						
r	0,129	0,121	0,098	0,154	1,000	0,367
± m <sub>r</sub>	0,083	0,083	0,083	0,083	0,00	0,078
t <sub>r</sub>	1,56	1,45	1,18	1,86	99(9)	4,7
Суммарное содержание крахмала во всех учетных тканях (признак 6)						
r	0,691	0,487	0,779	0,107	0,367	1,000
± m <sub>r</sub>	0,060	0,073	0,052	0,083	0,078	0,00
t <sub>r</sub>	11,44	6,67	14,88	1,28	4,72	99(9)

Таблица 2 – Взаимозависимость содержания крахмала в тканях побегов

Признаки	Уравнения ( $y = ax + b$ )	R <sup>2</sup>	t-статистики		F	Значимость F <sub>05</sub>
			t(a)	t(b)		
1	2	3	4	5	6	7
Содержание крахмала в сердцевине (признак 1)						
Признак-2	$y=0,093x+2,023$	0,0033	0,689	8,966	0,475	0,49166
Признак-3	$y=0,245x+1,500$	0,0767	3,446	7,483	11,872	0,00075
Признак-4	$y=0,653x+1,521$	0,0028	0,638	1,480	0,407	0,52445
Признак-5	$y=0,307x+1,836$	0,0167	1,557	8,262	2,425	0,12162
Признак-6	$y=0,340x-0,077$	0,4779	11,441	-2,977	130,896	6,3E-22
Содержание крахмала в сердцевинных лучах (признак 2)						
Признак-1	$y=0,035x+1,556$	0,0033	0,689	13,561	0,475	0,49166
Признак-3	$y=0,125x+1,289$	0,0528	2,824	10,313	7,975	0,00542
Признак-4	$y=0,736x+0,896$	0,0095	1,173	1,421	1,375	0,24294
Признак-5	$y=0,177x+1,439$	0,0146	1,455	10,504	2,116	0,14792
Признак-6	$y=0,147x+0,355$	0,2374	6,673	1,838	44,526	5,1E-10
Содержание крахмала во флоэме (признак 3)						
Признак-1	$y=0,313x+2,078$	0,0767	10,247	3,446	11,872	0,00075
Признак-2	$y=0,422x+2,069$	0,0528	8,329	2,824	7,975	0,00542
Признак-4	$y=-0,521x+3,281$	0,0014	2,825	-0,450	0,203	0,65313
Признак-5	$y=0,264x+2,466$	0,0097	9,789	1,182	1,397	0,23925
Признак-6	$y=0,433x-0,997$	0,6076	-3,921	14,880	221,401	7,6E-31
Содержание крахмала в феллогене (признак 4)						
Признак-1	$y=0,004x+0,994$	0,0028	0,638	65,274	0,407	0,52445
Признак-2	$y=0,013x+0,982$	0,0095	1,173	53,506	1,375	0,24294
1	2	3	4	5	6	7
Признак-3	$y=-0,003x+1,011$	0,0014	-0,450	59,425	0,203	0,65313
Признак-5	$y=0,030x+0,970$	0,0236	1,859	53,689	3,457	0,06506
Признак-6	$y=0,004x+0,966$	0,0114	1,283	33,152	1,646	0,20157
Содержание крахмала и жироподобных веществ в корковой зоне (признак 5)						
Признак-1	$y=0,054x+0,989$	0,0167	1,557	12,688	2,425	0,12162
Признак-2	$y=0,082x+0,972$	0,0146	1,455	10,301	2,116	0,14792
Признак-3	$y=0,037x+1,006$	0,0097	1,182	11,521	1,397	0,23925
Признак-4	$y=0,792x+3,13$	0,0236	1,859	0,731	3,457	0,06506
Признак-6	$y=0,076x+0,448$	0,1350	4,724	3,187	22,319	5,5E-06
Суммарное содержание крахмала во всех тканях побегов (признак 6)						
Признак-1	$y=1,407x+5,618$	0,4779	11,441	20,450	130,896	6,3E-22
Признак-2	$y=1,611x+6,047$	0,2374	6,673	15,056	44,526	5,1E-10
Признак-3	$y=1,404x+4,805$	0,6076	14,880	18,072	221,401	7,6E-31
Признак-4	$y=2,660x+6,010$	0,0114	1,283	2,887	1,646	0,20157
Признак-5	$y=1,778x+6,712$	0,1350	4,724	15,822	22,319	5,5E-06

лабораторные методы исследований в соответствии с общепринятыми схемами построения выборок. Исследованные виды получили условные обозначения: «вид 1» – ель Глена (*Picea glehnii* (F. Schmidt) Mast.); «вид 2» – ель канадская (*Picea glauca* (Moench) Voss); «вид 3» – ель шероховатая (*Picea asperata* Masters); «вид 4» – ель черная (*Picea mariana* Mill., Britton, Sterns & Poggenburg); «вид 5» – ель колючая форма серебристая (*Picea pungens* Engelm., f. *argentea*); «вид 6» – ель колючая форма голубая (*Picea pungens* Engelm., f. *glauca* Regel); «вид 7» – ель сербская (*Picea omorika* (Pančić) Purk.); «вид 8» – ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) N. Karst.); «вид 9» – ель Энгельмана (*Picea engelmannii* Parry ex Engelm.); «вид 10» – ель колючая (*Picea pungens* Engelm.); «вид 11» – ель аянская (*Picea jezoensis* (Siebold & Zucc.) Carrière); «вид 12» – ель корейская

(*Picea koraiensis* Nakai); «вид 13» – ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.). Анализировали одновозрастные деревья с одинаковой площадью питания и прочими равными условиями произрастания. Всего протестировано 145 образцов, заготовленных в марте 2016 года. Крахмал выявляли цветной реакцией на раствор Люголя (Прозина 1960). Оценка его содержания давалась в условных баллах по нашей шкале (Бессчетнова, 2011; 2016).

**Анализ и обсуждение результатов исследований.** Оценка тесноты связи между содержанием крахмала в различных тканях однотипных однолетних побегов представлены в таблице 1.

В целом наибольшая теснота связи зафиксирована между суммарным содержанием крахмала и его содержанием в отдельных тканях побегов. Качественная оценка по шкале

Чеддока позволила в двух случаях отнести её к высокой ( $0,779 \pm 0,052$  – содержание крахмала во флоэме) и заметной ( $0,691 \pm 0,060$  – содержание крахмала в сердцевине). Между общим количеством крахмала и его содержанием в сердцевинных лучах ксилемы и в корковой зоне связь умеренная:  $0,487 \pm 0,073$  и  $0,367 \pm 0,078$  соответственно. В одном случае связь оказалась недостоверной и слабой  $0,107 \pm 0,083$  (содержание крахмала в феллогене). Связь между содержанием крахмала по отдельными тканями в этом отношении существенно меньше. Например, содержание крахмала в сердцевине достоверно коррелирует только с его количеством во флоэме ( $0,277 \pm 0,080$  – умеренная связь), а содержание во флоэме – только с содержанием в сердцевине ( $0,277 \pm 0,080$  – умеренная связь) и в сердцевинных лучах ксилемы ( $0,230 \pm 0,81$  – умеренная связь). Общие низкие оценки корреляции обнаружены между количеством крахмала в феллогене и в других тканях. Здесь же обнаружена отрицательная корреляция

( $-0,038 \pm 0,084$  – слабая недостоверная связь) между содержанием крахмала в феллогене и во флоэме.

Неодинаковый характер установленных корреляций определил целесообразность выполнения регрессионного анализа (табл. 2).

**Выводы.** Взаимозависимость описывается уравнениями прямой линии с той или иной степенью надежности (см. табл. 2). Наибольшие величины критериев  $R^2$  обнаружены в случаях анализа взаимозависимости суммарного содержания крахмала и его количеством в сердцевине ( $R^2 = 0,4779$ ), и флоэме ( $R^2 = 0,6076$ ). Хотя такие оценки для других тканей заметно ниже, результаты регрессионного анализа по суммарному количеству крахмала могут быть признаны достоверными. На это указывает размерность t-статистик коэффициентов уравнений, превышающая табличные значения t-критериев Стьюдента на 5-процентном уровне значимости, и величины F-критериев Фишера, превосходящие соответствующие критические рубежи.

#### Литература

1. Бессчетнов, В.П. Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Лесной журнал. – № 2 / 332. – 2013. – С. 45 – 52.
2. Бессчетнова, Н.Н. Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала в побегах / Н.Н. Бессчетнова // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2010. № 2 (9). – С. 49 – 55.
3. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Селекционный потенциал плюсовых деревьев [Текст] / Н.Н. Бессчетнова. – Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing GmbH & co. KG. – 2011 – 402 с.
4. Бессчетнова, Н.Н. Содержание жиров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной / Н.Н. Бессчетнова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2012. – № 4/328. – С. 48 – 55.
5. Бессчетнова, Н.Н. Генотипическая неидентичность плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала / Н.Н. Бессчетнова // Известия Оренбургского аграрного университета. – № 4 (42). – 2013. – С. 20 – 23.
6. Бессчетнова, Н.Н. Генотипическое несходство плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по физиологическому состоянию побегов / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, В.Л. Черных // Вестник ИГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4 (28). – С. 35 – 49.
7. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Эффективность отбора плюсовых деревьев [Текст] / Н.Н. Бессчетнова. – Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2016. – 464 с.
8. Прозина, Н.М. Ботаническая микротехника [Текст] / Н.М. Прозина. – М.: Высшая школа, 1960. – 205 с.
9. Brahim, M.B. Effects of phosphate deficiency on photosynthesis and accumulation of starch and soluble sugars in 1-year-old seedlings of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) / M.B. Brahim, D. Loustau, J.P. Gaudillère, E Saur // *Annals of Forest Science*. – 1996. – Volume 53, Number 4. – Pp. 801 – 810.
10. Ericsson, A. Effects of cold-storage and planting date on subsequent growth, starch and nitrogen content in Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spruce (*Picea abies*) seedlings / A. Ericsson, A. Lindgren, A. Mattsson // *Studia Forestalia Suecia*. – 1983. – No. 165. – Pp. 1 – 17.
11. Kakei, M. Effects of lime application and test branch position on 14C-photosynthate partitioning in 3-year-old Sitka spruce (*Picea sitchensis*) plants growing in pots containing peat soils / M. Kakei, P.E. Clifford // *Forestry*. – 1999. – Volume 72, Issue 3. – Pp. 223– 235.
10. Ludlow, A.R. Some factors influencing the increment of forests / A.R. Ludlow. – // *Forestry*. – 1997. – Volume 70, Issue 4. – Pp. 381 – 388.
11. Mencuccini, M. The significance of phloem transport for the speed with which canopy photosynthesis and belowground respiration are linked / M. Mencuccini, T. Hölttä // *New phytologist*. – 2010. – Volume 185, Issue 1. – Pp. 189 – 203.
12. Mencuccini, M. Concurrent measurements of change in the bark and xylem diameters of trees reveal a phloem-generated turgor signal / M. Mencuccini, T. Hölttä, S. Sevanto, E. Nikinmaa // *New phytologist*. – 2013. – Vol. 198, Is 4. – Pp. 1143 – 1154.
13. Schaberg, P.G. Seasonal patterns of carbohydrate reserves in red spruce seedlings / P.G. Schaberg, M.C. Snyder, J.B. Shane, J.R. Donnelly // *Tree Physiology*. – 2000. – Volume 20. No.8: Pp. 549 – 555.
14. Woodruff, D.R. Water stress, shoot growth and storage of non-structural carbohydrates along a tree height gradient in a tall conifer / D.R. Woodruff, F.C. Meinzer // *Plant, Cell & Environment*. – 2011. – Volume 34, Issue 11. – Pp. 1920 – 1930.

#### Сведения об авторах:

Бессчетнова Наталья Николаевна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Бессчетнов Петр Владимирович – аспирант, e-mail: lesfak@bk.ru

Кулькова Анна Владимировна – аспирант кафедры лесных культур, e-mail: kulkova12@gmail.com  
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», г. Нижний Новгород, Россия.

Широков Александр Игоревич – кандидат биологических наук, доцент, e-mail: sad@bio.unn.ru  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Россия.

**CORRELATION OF STARCH CONTENT IN TISSUE OF PICEA A. DIETR.**

**Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kulkova A.V., Shirokov A.I.**

**Abstract.** The article deals with the results of correlation and regression analysis of the starch content in the tissues of annual shoots of various spruce species under the conditions of introduction into Nizhniy Novgorod region. Estimates of the tightness of the connection between the analyzed indicators are given, and the regression equations are given. The greatest positive correlation was found between the content of starch in phloem and its total quantity. Research objective – to reveal existence and to define narrowness of communication between indicators of content of starch in fabrics of year escapes at different types of a fir-tree. Analyzed even-aged trees with an identical area of food and other equal conditions of growth. In total 145 samples prepared in March, 2016 are tested. Communication between the content of starch on separate fabrics in this regard is significantly less.

**Key words:** spruce, introduction, starch, shoot tissues, correlation, regression.

**References**

1. Besschetnov V.P. Formation and lignification of xylem of the plus trees of Scots pine. [Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной]. / V.P. Besschetnov, N.N. Besschetnova // *Lesnoy zhurnal. - Forest journal.* – № 2 / 332. – 2013. – P. 45 – 52.
2. Besschetnova N.N. Comparative evaluation of the plus trees of Scots pine according to starch content in shoots. [Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала в побегках]. / N.N. Besschetnova // *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie. – The Herald of Mari State Technical University. Series: Forest. Ecology. Nature management,* № 2 (9). – 2010. – P. 49 – 55.
3. Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Selektionnyy potentsial plyusovykh derev.* [Pine (Pinus sylvestris L.). Selection potential of plus trees]. Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing GmbH & co. KG. – 2011 – P. 402.
4. Besschetnova N.N. The maintenance of fats in cells of shoots of plus trees of a pine ordinary. // Proceedings of higher educational institutions. [Soderzhanie zhirov v kletkakh pobegov plyusovykh derev sosny obyknovennoy. / N.N. Besschetnova // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal. - Forest journal.* – 2012. – №4/328. – P. 48 – 55.
5. Besschetnova N.N. Genotypic nonidentity of the plus trees of Scots pine according to the starch content. [Genotipicheskaya neidentichnost plyusovykh derev sosny obyknovennoy po sodержaniyu krakhmala]. / N.N. Besschetnova // *Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta. - Proceedings of Orenburg Agrarian University – № 4 (42).* – 2013. – P. 20 – 23.
6. Besschetnova N.N. Genotypic dissimilarity of the plus trees of Pinus sylvestris L. (Pinus sylvestris L.) according to the physiological condition of shoots. [Genotipicheskoe neskhodstvo plyusovykh derev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) po fiziologicheskomu sostoyaniyu pobegov]. / N.N. Besschetnova, V.P. Besschetnov, V.L. Chernykh // *Vestnik PGTU. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie. – The Herald of PSTU. Series: Forest. Ecology. Nature management.* – 2015. – №4 (28). – P. 35 – 49.
7. Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Effektivnost otbora plyusovykh derev* [Pine (Pinus sylvestris L.). Efficiency of selection of plus trees]. / N.N. Besschetnova. – Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskaya GSKhA, 2016. – P. 464.
8. Prozina N.M. *Botanicheskaya mikrotehnika.* [Botanical microelectronics]. / N.M. Prozina. – M.: Vysshaya shkola, 1960. – P. 205.
9. Brahim, M.B. Effects of phosphate deficiency on photosynthesis and accumulation of starch and soluble sugars in 1-year-old seedlings of maritime pine (Pinus pinaster Ait) / M.B. Brahim, D. Loustau, J.P. Gaudillère, E Saur // *Annals of Forest Science.* – 1996. – Volume 53, Number 4. – P. 801 – 810.
10. Ericsson, A. Effects of cold-storage and planting date on subsequent growth, starch and nitrogen content in Scots pine (Pinus sylvestris) and Norway spruce (Picea abies) seedlings / A. Ericsson, A. Lindgren, A. Mattsson // *Studie Forestalia Suecia.* – 1983. – № 165. – P. 1 – 17.
11. Kakei, M. Effects of lime application and test branch position on 14C-photosynthate partitioning in 3-year-old Sitka spruce (Picea sitchensis) plants growing in pots containing peat soils / M. Kakei, P.E. Cliffor // *Forestry.* – 1999. – Volume 72, Issue 3. – P. 223– 235.
12. Ludlow, A.R. Some factors influencing the increment of forests / A.R. Ludlow. – // *Forestry.* – 1997. – Volume 70, Issue 4. – P. 381 – 388.
13. Mencuccini, M. The significance of phloem transport for the speed with which canopy photosynthesis and below-ground respiration are linked / M. Mencuccini, T. Hölttä // *New phytologist.* – 2010. – Volume 185, Issue 1. – Pr. 189 – 203.
14. Mencuccini, M. Concurrent measurements of change in the bark and xylem diameters of trees reveal a phloem-generated turgor signal / M. Mencuccini, T. Hölttä, S. Sevanto, E. Nikinmaa // *New phytologist.* – 2013. – Vol. 198, Is 4. – P. 1143 – 1154.
15. Schaberg, P.G. Seasonal patterns of carbohydrate reserves in red spruce seedlings / P.G. Schaberg, M.C. Snyder, J.B. Shane, J.R. Donnelly // *Tree Physiology.* – 2000. – Volume 20. №8: P. 549 – 555.
16. Woodruff, D.R. Water stress, shoot growth and storage of non-structural carbohydrates along a tree height gradient in a tall conifer / D.R. Woodruff, F.C. Meinzer // *Plant, Cell & Environment.* – 2011. – Volume 34, Issue 11. – P. 1920 – 1930.

**Authors:**

Besschetnova Natalya Nikolaevna - Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Besschetnov Petr Vladimirovich - post-graduate student, e-mail: lesfak@bk.ru

Kulkova Anna Vladimirovna - graduate student of Forest cultures Department, e-mail: kulkova12@gmail.com

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia.

Shirokov Aleksandr Igorevich – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor, e-mail: sad@bio.unn.ru

National Research Nizhny Novgorod State University. named after N.I. Lobachevskiy, Nizhny Novgorod, Russia.