

## РЕЗУЛЬТАТЫ МЕЛКОДЕЛЯНОЧНОГО ОПЫТА ПО ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОМУ РАЗМЕЩЕНИЮ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПОСЕВЕ

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, С. В. КУРЗЕНКОВ, Н. И. ДУДКО, Д. В. ГРЕКОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 05.02.2018)

*Процесс рационального расположения семян по посевной площади интересует аграриев давно. Ученые многих стран настойчиво ищут оптимальные способы посева, а также рабочие органы для его осуществления.*

*С этой целью в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии были проведены сравнительные лабораторно-полевые мелкоделяночные опыты по определению предпочтительного размещения яровой пшеницы при посеве. Методика проведения экспериментов включала: четырехкратную повторность посевов яровой пшеницы на метровых делянках при одних метеорологических и почвенных условиях, отличающихся нормой высева и шириной междурядья; отдельную уборку делянок с последующим обмолотом зерна и его взвешиванием; математическую обработку и анализ полученных результатов. Реализация разработанной методики проведения экспериментов позволила определить количественный показатель получаемого продукта – показатель продуктивности способа посева, который предоставил возможность количественно оценить прирост зерновой массы по итогам уборочных работ. В качестве показателя продуктивности способа посева принималась разность между фактическим количеством выращенных и высеянных семян на одном квадратном метре посевной площади. На основании результатов данных экспериментов была получена математическая модель изучаемого процесса, т. е. зависимость продуктивности способа посева на метровой площади от количества фактически высеянных семян и ширины междурядий. Адекватность полученной математической модели подтверждалась статистическими показателями. Оптимизация данного процесса аналитическими методами позволила установить предпочтительное размещение семян зерновых культур при посеве: величину междурядий – 0,0625 м и расстояние между семенами в рядке – 0,026–0,028 м, при обеспечении нормы высева 210 кг/га. С учетом полученных результатов дальнейшие исследования в агроинженерной науке должны быть направлены на разработку технических средств и оборудования, позволяющих осуществить посев зерновых культур с параметрами размещения семян, близкими к оптимальным.*

**Ключевые слова:** посев, параметры посева, величина междурядья, расстояние между семенами в рядке, норма высева, урожайность, продуктивность способа посева.

*The process of rational arrangement of seeds along the sown area has been of interest to agrarians for a long time. Scientists of many countries are persistently searching for optimal methods of sowing, as well as working bodies for its implementation.*

*For this purpose, comparative laboratory-field small-scale experiments were conducted at the Belarusian State Agricultural Academy to determine the preferred location of spring wheat during sowing. The methods of carrying out the experiments included: fourfold repetition of spring wheat sowings at meter plots with the same meteorological and soil conditions and different norms of seeding and row spacing; separate harvesting of plots with subsequent threshing of grain and its weighing; mathematical processing and analysis of the results obtained. The implementation of the developed methodology for conducting the experiments made it possible to determine the quantitative index of the product obtained – the productivity index of the seeding method, which provided an opportunity to quantify the increase in the grain mass as a result of harvesting operations. As an indicator of the sowing method productivity, we have taken the difference between the actual number of seeds grown and sown on one square meter of the sown area. Based on the results of these experiments, a mathematical model of the studied process was obtained, i.e., the dependence of the productivity of the sowing method on the meter area on the number of seeds actually seeded and the row spacing. The adequacy of the obtained mathematical model was confirmed by statistical indicators. Optimization of this process by analytical methods made it possible to establish the preferred location of seeds of grain crops during sowing: the distance between rows is 0.0625 m and the distance between seeds in a row is 0.026–0.028 m, with a sowing rate of 210 kg / ha. Taking into account the received results, further research in agro-engineering science should be directed to the development of technical facilities and equipment allowing one to sow crops with seed placement parameters close to optimal.*

**Key words:** sowing, sowing parameters, row spacing, seed spacing in a row, sowing rate, yield, productivity of the sowing method.

### Введение

Посев – один из самых важных и ответственных агротехнических приемов. Своевременность и хорошее качество посева – основное условие получения высокого урожая всех сельскохозяйственных культур. Посеять в оптимальные сроки – значит, создать наиболее благоприятные условия тепла, влаги и света для прорастания семян и роста растений, формирования урожая [1, 2, 3]. Сроки посева зависят от биологических особенностей культур и требований к ведущим факторам среды.

Яровые культуры по срокам посева разделяют на три группы: раннего срока посева – семена прорастают при температуре почвы +1 ... +2 °С, а всходы устойчивы к кратковременным заморозкам до –8 °С (овес, яровая пшеница, ячмень, горох, морковь, многолетние травы и др.); среднего срока посева – семена прорастают при температуре почвы +3 ... +6 °С (свекла, лен, люпин и др.), позднего срока посева – семена прорастают при температуре почвы +8 ... +12 °С (кукуруза, просо, соя, гречиха и др.).

Озимые культуры высевают в летнее–осенние сроки: озимые рожь, пшеницу, ячмень, тритикале – с 5 сентября по 2 октября; озимый рапс – 1 по 30 августа.

Урожай в значительной мере зависит от правильного выбора способа посева и ширины междурядий [4–7]. Выбор их определяется морфологией растений (размер, форма), целями возделывания (семенные или товарные посевы), засоренностью поля, качеством подготовки поля к посеву, наличием необходимой техники, принятой технологии возделывания культуры, способа уборки.

Способ посева решает следующие основные задачи: равномерное размещение семян по площади питания и равномерная заделка посевов и создание условий для комплексной механизации возделывания сельскохозяйственных культур [8, 9, 10].

Сегодня основным способом посева зерновых культур является рядовой способ. Однако до сих пор аграрии не могут определиться с наиболее рациональными параметрами рядового посева. Они настойчиво ищут оптимальные способы посева, а также рабочие органы для его осуществления [11–17].

#### Основная часть

С этой целью в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии были проведены сравнительные лабораторно-полевые мелкоделяночные опыты по определению предпочтительного размещения яровой пшеницы при посеве. Следуя разработанной методике проведения экспериментов 10 мая 2017 г. на опытном поле «Тушково» были заложены опыты. Они проводились при следующих условиях: повторность четырехкратная, площадь проведения опытов 54 м<sup>2</sup>; площадь делянки 1 м<sup>2</sup>, плотность почвы 1,26 г/см<sup>3</sup>; относительная влажность почвы ≈ 80 %. В качестве посевного материала была использована яровая пшеница с характеристиками: всхожесть – 93 %; масса 1000 семян – 34,4 г.

Целью экспериментов являлось изучение влияния нормы высева (уровни варьирования: 160, 200, 240 кг/га) и ширины междурядий (уровни варьирования: 0,0625; 0,125; 0,2 м) количественный показатель получаемого продукта, который позволял бы оценить прирост зерновой массы по итогам уборочных работ.

Нами были изготовлены три планки с разным количеством отверстий для каждой нормы высева семян и направители семян с ограничителем глубины 3 см. Таким образом достигалось одинаковое расстояние между семенами при разной норме высева и одинаковая глубина укладки семян.

В сроки с 11 по 13 августа вручную была произведена уборка делянок с последующим обмолотом зерна на стационарной молотилке «Wintersteiger» и ручным подсчетом количества семян и их суммарной массы в пределах каждой делянки в отдельности. Данные по этим измерениям приведены в табл. 1.

Таблица. 1. Изменение удельной массы зерна от нормы высева и ширины междурядий

Варьируемые параметры		Удельная масса собранного зерна, г/м <sup>2</sup>			
Норма высева, кг/га	Ширина междурядья, м	Повторность 1	Повторность 2	Повторность 3	Повторность 4
160	0,0625	381	405	379	403
200	0,125	415	412	409	403
240	0,2	417	408	419	427
160	0,0625	409	408	399	413
200	0,125	417	426	409	418
240	0,2	431	425	415	426
160	0,0625	416	401	405	417
200	0,125	419	430	429	418
240	0,2	441	433	452	427

С целью сглаживания влияния не учтенных в экспериментах факторов данные по повторностям усреднялись:

$$Y_{20;160}=(381+405+379+403)/4=392 \text{ г};$$

$$Y_{20;200}=(415+412+409+403)/4=409,75 \text{ г};$$

$$Y_{20;240}=(417+408+419+427)/4=417,75 \text{ г};$$

$$Y_{12,5;160}=(409+408+399+413)/4=407,25 \text{ г};$$

$$Y_{12,5;200}=(417+426+409+418)/4=417,5 \text{ г};$$

$$Y_{12,5;240}=(431+425+415+426)/4=424,25 \text{ г};$$

$$Y_{6,25;160}=(416+401+405+417)/4=409,75 \text{ г};$$

$$Y_{6,25;200}=(419+430+429+418)/4=424,0 \text{ г};$$

$$Y_{6,25;240}=(441+433+452+427)/4=438,25 \text{ г}.$$

Для определения более предпочтительного способа посева и определения его рациональных параметров был проведен графический анализ зависимостей (рис. 1 а, б, в). В качестве оптимизируемого фактора, который позволял оценить прирост зерновой массы по итогам уборочных работ использовали показатель продуктивности способа посева ( $P$ , кг/м<sup>2</sup>). Значение этого показателя определяли по формуле:

$$P = Y - H, \quad (1)$$

где  $P$  – продуктивность зерновой культуры, кг/м<sup>2</sup>;  $Y$  – удельная масса, кг/м<sup>2</sup>;  $H$  – норма высева, кг/м<sup>2</sup>.  
 На основании эмпирических данных методом многофакторной регрессии была получена адекватная математическая модель влияния величины междурядий ( $b$ , м) и нормы высева ( $H$ , кг/м<sup>2</sup>) на продуктивность осуществляемого высева:

$$P = -0,12258 \cdot b + 39,9501 \cdot H - 944,013 \cdot H^2 \quad (\text{кг/м}^2) . \quad (2)$$

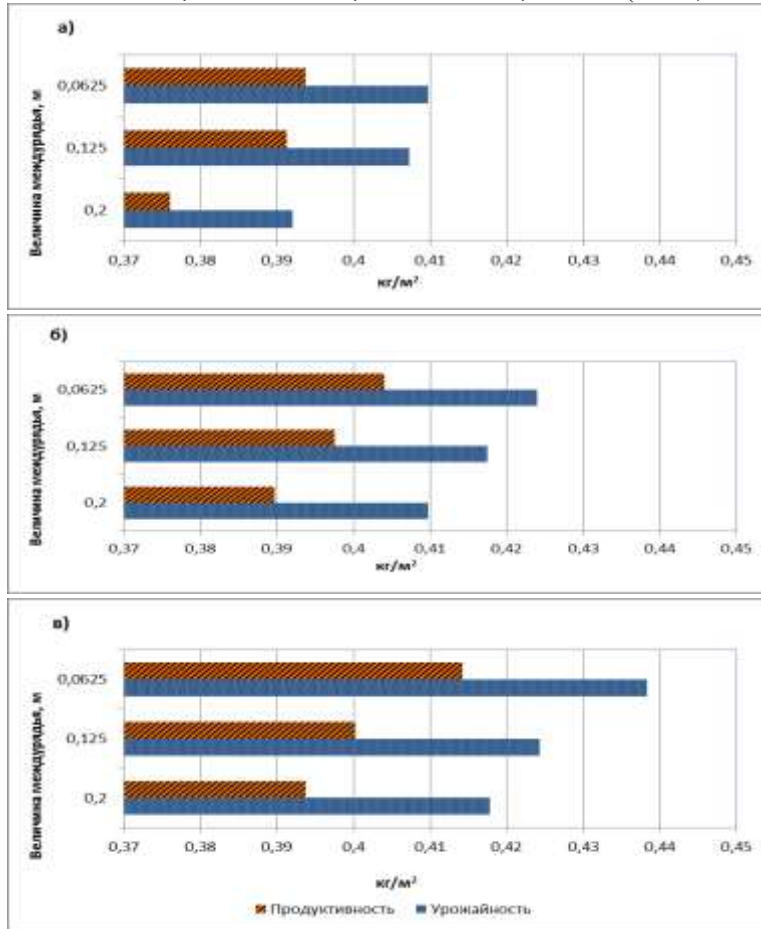


Рис. 1. Продуктивность посева и урожайность зерновых культур при норме высева: а) 160 кг/га; б) 200 кг/га; в) 240 кг/га

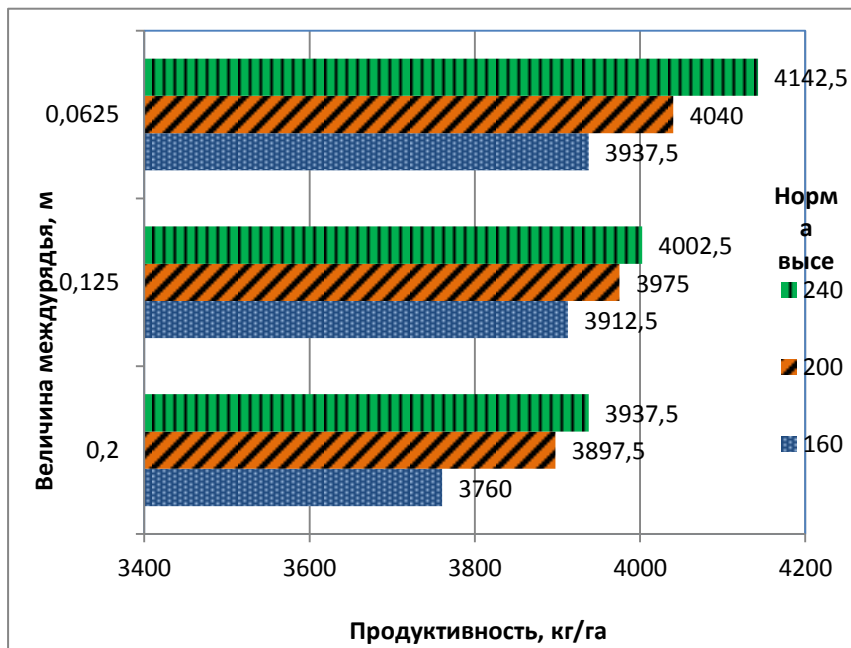


Рис. 2. Показатели продуктивности зерновой культуры (яровой пшеницы) при исследуемых условиях посева  
 Сравнительная характеристика показателя продуктивности способа посева, отнесенная к 1 га посевной площади, показана на рис. 2.

Анализ статистических характеристик модели (2) при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и степенях свободы  $df_1 = 3$  и  $df_2 = 6$  (коэффициента детерминации –  $R^2 = 0,99$ , расчетного критерия Фишера –  $F = 1,36$ ,  $t_{a1} = -2,59$ , критериев Стьюдента для коэффициентов модели:  $t_{a1} = -2,59$ ,  $t_{a2} = 36,6$ ,  $t_{a2 a2} = -21,04$ ) подтвердил ее адекватность и возможность практического использования в пределах варьирования независимых факторов  $b$  и  $H$ .

Решение соответствующей оптимизационной задачи:

$$P = -0,12258 \cdot b + 39,9501 \cdot H - 944,013 \cdot H^2 \rightarrow \max, \quad (3)$$

при ограничениях изменяемых параметров:

$$0,0625 \leq b \leq 0,2; \quad (4)$$

$$0,016 \leq H \leq 0,024 \quad (5)$$

позволило установить, что наилучшие показатели продуктивности посева  $P = 0,415$  (кг/м<sup>2</sup>) достигаются при ширине междурядий  $b = 0,0625$  м и норме высева на 1 м<sup>2</sup>  $H = 0,021$  кг семян зерновых культур.

На основании полученных однозначных результатов можно определить рациональное расстояние между семенами в рядке в данном мелкоделяночном опыте.

Установим количество грамм семян на 1 погонный метр посева. Так, на метровой делянке при ширине междурядий 0,0625 м выделяется  $1 / 0,0625 = 16$  рядков. В них требуется разместить 21 г семян, то на 1 рядок приходится 1,3 г семян. Эту массу (1,3 г) переведем в количественный показатель семян. Для этого используем массу 1000 семян. В нашем случае эта масса равна 34,5 г.

Тогда из пропорции:

$$34 - 1000 \text{ шт.}$$

$$1,3 \text{ г} - x \text{ шт.}$$

определяем  $x = 1,3 \cdot 1000 / 34 \approx 38$  шт.

### **Заключение**

С учетом полученного значения (38 шт. в рядке) при всхожести семян (93 %) для осуществления намеченного посева потребуется продуктивных семян в количестве от 35 до 40 шт. семян на ряд. Это в означает, что расстояние между семенами в рядке должно находиться в интервале от 0,025 до 0,029 м. Таким образом, наиболее рациональным расположением семян при посеве можно считать – ширину между рядками 6,25 см с расстоянием между семенами в рядке 2,5–2,9 см.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ильин, В. И. Посев сельскохозяйственных культур сеялкой с однодисковыми сошниками и опорно-прикатывающими катками / диссертация кандидата технических наук 05.20.01 / В. И. Ильин. – Горки, 1991. – 183 с.
2. Шаганов, И. А. Практические рекомендации по освоению интенсивной технологии возделывания озимых зерновых культур / И. А. Шаганов. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск : Равноденствие, 2008. – 180 с.
3. Петровец, В. Р. Посев зерновых культур при интенсивной технологии возделывания: практ. руководство для ФПК / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Горки: БСХА, 1998. – 50 с.
4. Способы посева и посадки сельскохозяйственных культур // Агропортал – все для специалистов агропромышленного комплекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agroinf.com/zemledeliye/-sposoby-poseva-i-posadki-selskokhozyajstvennykh-kultur>.html – Дата доступа: 12.02.2018.
5. Классификация дисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В. Р. Петровец [и др.] // Весті нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2017. №2. – С. 100–109.
6. Петровец, В. Р. Математическая модель комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 94–97.
7. Петровец, В. Р. Обзор и исследование одно- и двухстрочных современных дисковых сошников / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц, С. В. Авсюкевич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии – 2009. – №1. – С. 152–158.
8. Петровец, В. Р. Математическая модель уплотнения почвы в бороздках, образованных однодисковым сошником с нулевым углом атаки и симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева мелкосемянных культур / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С 98 – 100.
9. Петровец, В. Р. Комбинированный однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонними ребордами – бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. – № 3. – С. 137–140.
10. Петровец, В. Р. Распределение семян по глубине двухдисковыми сошниками с нулевым углом атаки дисков с внешними усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями / В. Р. Петровец, С. В. Авсюкевич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2. – С. 153–159.
11. Мацелуро, М. Е. Новичихин В. А. Основные предпосылки к разработке технологии посева / М. Е. Мацелуро, В. А. Новичихин // – В кн.: Вопросы технологии механизированного с.-х. производства. – Минск: Госиздат БССР, 1963. – С. 132–175.
12. Точечное земледелие: [Электронный ресурс] // [mcsx-consult.ru](http://mcsx-consult.ru), Федеральный центр сельскохозяйственного консультирования и переподготовки кадров агропромышленного комплекса 2015. – Режим доступа: <http://mcsx-consult.ru/d/77622/d/tochnoe-zemledelie.pdf>. – Дата доступа: 12.02.2017.
13. Петровец, В. Р. Технологии и машины для посева зерновых культур / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц, С. В. Авсюкевич. – Горки, 2008. – С. 4–5.
14. Петровец, В. Р. Посев зерновых культур дисковыми сошниками с усеченно-конусными бороздкообразователями-уплотнителями / В. Р. Петровец, С. В. Авсюкевич, Н. И. Дудко. – Горки: БГСХА, 2015. – 212 с.

15. Петровец, В. Р. Проблема равномерного высева сельскохозяйственных культур универсальными пневматическими сеялками при интенсивной технологии возделывания / Современные проблемы сельскохозяйственной механики // В.Р. Петровец, Н. В. Чайчиц // Сборник трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика М. Е. Мацепуро. – Минск, 1999. – С. 101–104.
16. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., – 1979, – 415 с.
17. Майонов, В. В. К вопросу обоснования оптимальных параметров посевных машин / В. В. Майонов // Вопросы сельскохозяйственной механики. – 1967. – Т. 16. – С. 99–153.