

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.31

В.И. Беляев
V.I. Belyayev

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ПОСЕВНЫХ МАШИН

COMPARATIVE EVALUATION OF SOWING EQUIPMENT OPERATION QUALITY

Ключевые слова: посевной агрегат, качество посева, глубина заделки семян, количество всходов, равномерность заделки семян по глубине и распределение по рядкам посева, полевая всхожесть, сохранность растений к уборке, количество продуктивных стеблей.

Посев является одной из основных технологических операций, определяющих качество заделки семян, дальнейшее развитие растений и формирование урожая. В настоящее время в крае используются различные технологии посева яровой пшеницы с применением комплексов отечественных и зарубежных посевных машин. Эти комплексы имеют существенные отличия, прежде всего в конструкции высевающих рабочих органов, обеспечивающих реализацию определенных технологий посева применительно к зональным условиям использования. Поэтому возникает необходимость выбора рациональных параметров и режимов работы посевных агрегатов, наиболее адаптированных под конкретные условия эксплуатации. Представлены результаты многолетних наблюдений производственных посевов яровой пшеницы в хозяйствах Кулундинской степи Алтайского края. Сравнивались показатели качества посева яровой пшеницы 4 группами посевных комплексов отечественного и зарубежного производства. Получены статистики изменения глубины заделки семян, количества всходов по рядкам посевов, полевой всхожести семян пшеницы, сохранности растений к уборке и продуктивной кустистости растений. Выявлено влияние параметров высевающих рабочих органов посевных машин на оцениваемые показатели и дана оценка качества посева по предлагаемому

критерию эффективности – соотношению количества продуктивных растений и высеянных всхожих семян.

Keywords: sowing machine, sowing quality, seeding-down depth, number of sprouts, seeding-down depth uniformity, row distribution uniformity, field germination, plant survival to harvesting, number of productive stems.

Sowing is one of the main technological operations that determine seeding-down quality, further plant development and crop formation. Currently, the growers of the Region use various technologies of spring wheat sowing by soil-tilling and sowing units of domestic and foreign manufacture. These units have significant differences, primarily in the design of openers, ensuring the realization of certain sowing technologies in different agriculture zones. Therefore, there is a need to choose rational parameters and operational modes of sowing units that are most adapted for specific operating conditions. This paper presents the results of long-term observations of commercial spring wheat crops on the farms of the Kulunda steppe of the Altai Region. The quality indices of spring wheat crops sown by 4 groups of domestic and foreign soil-tilling and sowing units were compared. The following statistics were obtained: the changes of the seeding-down depth, of the number of sprouts in rows, wheat seed field germination, plant survival to harvesting, and productive tilling capacity of plants. The sowing opener influence on the evaluated indices was revealed, the quality of sowing was evaluated according to the proposed effectiveness criterion – the ratio of productive plant number and sown germinated seed number.

Беляев Владимир Иванович, д.т.н., проф., зав. каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-35-99. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

Belyayev Vladimir Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-35-99. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

Введение

Алтайский край является одним из ведущих производителей зерна в СФО и России. Территория края характеризуется резко континентальным климатом, жарким, но коротким летом, холодной малоснежной зимой с сильными ветрами и метелями, поздними весенними и ранними осенними заморозками, нередко в вегетационный период. Имеются более 20 типов и подтипов почв, большей частью с неустойчивым увлажнением, с количеством солнечного тепла в 2-3 раза больше, чем требуется на испарение всех выпавших за год осадков. Режим увлажнения меняется с запада на восток от засушливого до более увлажненного. Высокая температура в середине лета, небольшое количество осадков, низкая влажность воздуха, жаркий, сухой ветер губительно действуют на сельскохозяйственные культуры [1].

Разнообразие условий края для возделывания культур отражено в 7 природно-экономических зонах, которые можно объединить в 3 укрупненные, согласно агроклиматическому районированию СФО. Так, на равнинных территориях Западной Кулунды преобладают легкосуглинистые почвы с содержанием гумуса 2,8-3,8% при годовом количестве осадков в среднем 290-350 мм. В Центральной группе районов наиболее распространены среднесуглинистые почвы с содержанием гумуса 3,8-5,1% при количестве осадков 337-411 мм, в Восточной группе районов – средне- и тяжелосуглинистые черноземы с содержанием гумуса 5,1-6,9% и количестве осадков 481-587 мм [1].

Значительная часть земель в крае подвержена эрозионным процессам. Так, в Западной и Восточной Кулунде ветровая эрозия распространена на 88-97% площади пашни. В Приалейской и Приобской зонах развивается водная эрозия на 31-58% площадей [1].

Для повышения эффективности использования агроклиматического потенциала почв назрела необходимость системного внедрения зональных ресурсосберегающих технологий на базе современных комплексов почвообрабатывающих и посевных машин отечественного и зарубежного производства [2-5].

В виду значительной энергоемкости процесса почвообработки и посева, больших массивов засеваемых площадей, ограниченности сроков проведения полевых работ, дефицита механизаторских кадров в последнее время наблюдается тенденция применения технологий, обеспечивающих сокращение интенсивности воздействия на почву. Как следствие, увеличиваются ширина захвата машин и мощность применяемых сельскохозяйственных тракторов, что позволяет существенно повысить производительность агрегатов и снизить затраты топлива на единицу выработки [6, 7].

Технологии предпосевной обработки почвы и посева являются важнейшим звеном, обеспечивающим эффективное внедрение современных агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур. Они определяются целым рядом факторов, к числу которых относятся климатические (сумма активных температур, количество осадков и их распределение), плодородие почвы, предшествующая культура, уровень и интенсивность осенней обработки, тип и параметры рабочих органов посевных машин и т.д. [8-11].

При этом наибольшее распространение получают комбинированные агрегаты, совмещающие ряд операций и снижающие количество проходов по полю, следовательно, и техногенную нагрузку на почву.

Конструктивно и технологически приведенный перечень машин существенно отличается. Поэтому каждому из вариантов технологий посева следует определить зоны и условия их предпочтительного использования. На этой основе формировать зональные системы машин [3, 5, 6].

Проанализировав выпускаемые предприятия машиностроения и используемые в хозяйствах машины и агрегаты для посева зерновых культур, предложено их систематизировать по зональным технологиям возделывания зерновых культур с различными вариантами основной обработки почвы, предпосевной обработки, типами посевных агрегатов, способами посева и применяемыми рабочими органами [1, 6].

Объекты и методы

Цель исследования – провести сравнительную агротехническую оценку современных комплексов

посевных машин, оборудованных различными высевальными рабочими органами, в степной зоне Алтайского края.

Задачи:

1) обобщить многолетние производственные опыты по сравнительной оценке различных агротехнологий и комплексов машин при возделывании яровой пшеницы в степной зоне Алтайского края;

2) выявить влияние технологий посева яровой пшеницы (высевальных рабочих органов) на показатели качества заделки семян и развития растений по вегетации.

В Алтайском крае при возделывании яровой пшеницы применяются разнообразные технологии и комплексы машин отечественного и зарубежного производства. С 2005 г. нами проводятся комплексные наблюдения производственных посевов по различным предшественникам, приемам осенней обработки почвы, посевным агрегатам и другим элементам агротехнологий в 15-27 хозяйствах различных агроклиматических зон, включая оценку качества посева, водного режима почвы, структуры урожая и качества зерна. В каждом хозяйстве ежегодно отслеживалось 7-12 полей.

Рассмотрим результаты сравнительной агротехнической оценки посевных машин, выполненных нами в период с 2006 по 2012 гг. в хозяйствах Восточно-Кулундинской зоны Алтайского края. Всего наблюдалось 382 поля с посевами яровой пшеницы по предшествующей пшенице в 7 хозяйствах.

Проведем сравнение качественных характеристик посева яровой пшеницы следующими группами посевных комплексов:

1. Посев по обработанному фону сеялками отечественного и зарубежного производства с копирующими дисковыми сошниками – СЗ-5,4, СЗП-3,6А, John Deere-730, Amity (рис. 1). Обработано 116 полей.

2. Прямой посев комплексами со стрельчатymi лапами отечественного и зарубежного производства – ПК-8,5 (9,7; 12,2), СЗС-2,1, СКП-2,1, John Deere-1820, Morris, Salford (рис. 2). Обработано всего 178 полей.



Рис. 1. Посевные машины 1-й группы



Рис. 2. Посевные комплексы 2-й группы

3. Прямой посев комплексами с копирующими сошниками долотообразного типа – DMC, Condor, Seed Hawk (рис. 3). Обработано 88 полей.



Рис. 3. Посевные комплексы 3-й группы

В качестве выходных характеристик качества посева используем следующие оценочные показатели и их статистики до 3-го порядка включительно: глубина заделки семян и количество всходов на 1 м². В дальнейшем по вегетации оценивались следующие средние показатели: полевая всхожесть семян, количество сохранившихся растений к уборке, сохранность растений, количество продуктивных стеблей и продуктивная кустистость растений. Обработка данных выполнялась статистическими методами.

Основным критерием эффективности посева предлагаем принять отношение среднего количества продуктивных стеблей к количеству высеванных всхожих семян пшеницы. Этот показатель, на наш взгляд, отражает влияние именно качества заделки семян на создание наиболее благоприят-

ных условий для их дальнейшего развития и формирования урожая.

Результаты и их обсуждение

Средние значения показателей качества посева яровой пшеницы приведены в таблице 1.

Анализ данных показывает, что минимальная средняя глубина заделки семян наблюдалась на посевах дисковыми сошниками по предшествующей предпосевной обработке почвы (группа комплексов 1) (46,9 мм), далее посева копирующими долотообразными сошниками (группа комплексов 3) (57,2 мм), а максимальная величина – на посевах в стрельчатую лапу (группа комплексов 2) (61,9 мм). В результате наименьшее стандартное отклонение глубины заделки семян получено в вариантах с копирующим диском (10,8 мм) и долотом (11,9 мм). На посевах в лапу отклонение глубины заделки семян было существенно выше (15,0 мм). При этом вариация глубины заделки семян была выше на посевах в стрельчатую лапу (24,5%), а минимальная – на посевах в копирующее долото (20,9%). Различия статистически достоверны.

Средние значения количества высеванных всхожих семян по вариантам посевов отличались: по 1-й группе комплексов – 4,95 млн шт/га, 2-й группе – 4,66, 3-й группе – 4,64 млн шт/га.

В итоге среднее количество всходов и их отклонение были выше на посевах в копирующий диск (335,9 и 60,4 шт/м² соответственно), а минимальное – на посевах в стрельчатую лапу (243,2 и 46,5 шт/м² соответственно). При этом вариация количества всходов была ниже на посевах в копирующее долото (16,4% против 17,9% в диск и 19,4% в лапу).

Средние значения оценочных показателей развития растений яровой пшеницы приведены в таблице 2.

Как показывает анализ данных, посевные комплексы 1- и 3-й групп с посевом в копирующий диск и долото обеспечили более высокую полевую всхожесть пшеницы (67,0 и 65,7% соответственно), чем комплексы 2-й группы с посевом в стрельчатую лапу (50,8%).

Таблица 1

Показатели качества посева яровой пшеницы различными комплексами машин

№	Группы посевных комплексов	n	Статистики глубины заделки семян			Статистики количества всходов		
			Нс, мм	σ_h , мм	ν_h , %	Квсх, шт/м ²	$\sigma_{Квсх}$, шт/м ²	$\nu_{Квсх}$, %
1	СЗП-3,6А, СЗ-5,4, John Deere-730, Amity	116	46,9	10,8	23,5	335,9	60,4	17,9
2	ПК, СЗС, СКП, John Deere-1820, Morris, Salford	178	61,9	15,0	24,5	243,2	46,5	19,4
3	DMC, Condor, Seed Hawk	88	57,2	11,9	20,9	304,9	49,9	16,4
М			55,3	12,6	23,0	294,7	52,3	17,9
НСР_{0,05}			4,4	1,3	1,1	27,2	4,2	0,9

Примечание. Нс – средняя глубина заделки семян, мм; σ_h – среднее стандартное отклонение глубины заделки семян, мм; ν_h – средний коэффициент вариации глубины заделки семян, %; Квсх. – среднее количество всходов, шт/м²; $\sigma_{Квсх}$ – среднее стандартное отклонение количества всходов, шт/м²; $\nu_{Квсх}$ – средний коэффициент вариации количества всходов, %.

Таблица 2

Средние значения оценочных показателей развития растений яровой пшеницы по вегетации

№	Группы посевных комплексов	n	Оценочные показатели					
			Пв, %	Кр, шт/м ²	Ср, %	Кст, шт/м ²	Пк	Кст/Квыс.
1	СЗП-3,6А, СЗ-5,4, John Deere-730, Amity	116	67,0	169,6	53,1	262,9	1,62	0,53
2	ПК, СЗС, СКП, John Deere-1820, Morris, Salford	178	50,8	168,0	73,1	269,2	1,69	0,58
3	DMC, Condor, Seed Hawk	88	65,7	202,2	67,6	301,1	1,60	0,65
М			61,2	179,9	64,6	277,7	1,64	0,59
НСР_{0,05}			5,2	11,1	6,0	11,8	0,03	0,03

Примечание. Пв – полевая всхожесть растений, %; Кр – среднее значение количества сохранившихся растений к уборке, шт/м²; Ср – средняя сохранность растений к уборке, %; Кст – среднее количество продуктивных стеблей, шт/м²; Пк – средняя продуктивная кустистость растений; Кст/Квыс. – среднее соотношение количества продуктивных стеблей и высеянных всхожих семян.

При этом количество сохранившихся растений к уборке было значимо выше на посевах в копирующее долото (202,2 шт/м² против 169,6 и 168,0 шт/м² на посевах в копирующий диск и в стрелчатую лапу соответственно). Сохранность растений к уборке была максимальной на посевах в стрелчатую лапу (73,2% против 53,1 и 67,6% на посевах в копирующие диск и долото соответственно).

Продуктивная кустистость растений получена выше на посевах в стрелчатую лапу (1,69 против 1,62 и 1,60 на посевах в копирующие диск и долото соответственно). В итоге максимум количества

продуктивных стеблей и их отношение к количеству высеянных всхожих семян получено на посевах в копирующее долото (301,1 шт/м² и 0,65 соответственно), а минимальное значение – на посевах в копирующий диск (262,9 шт/м² и 0,53). Посевы в стрелчатую лапу занимают промежуточное положение (262,9 шт/м² и 0,63).

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что при выборе технологий посева и комплексов посевных машин для возделывания яровой пшеницы следует учиты-

вать зональные условия эксплуатации. Общей тенденцией улучшения качества посева является применение копирующих рабочих органов долотообразного типа, уменьшение средней глубины заделки семян, снижение нормы высева и их стандартных отклонений.

Для условий степной зоны Алтайского края приоритетным направлением является применение технологий прямого посева яровой пшеницы посевными комплексами с копирующими долотообразными сошниками. В многолетнем плане они обеспечивают повышение соотношения количества продуктивных стеблей к количеству высеянных всхожих семян на 10,8% в сравнении с прямым посевом в стрелчатую лапу и на 18,4% в сравнении с посевом в предварительно обработанную почву копирующими дисковыми сошниками, создавая предпосылки для повышения урожайности.

Библиографический список

1. Беляев В.И., Вольнов В.В. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – 205 с.

2. Беляев В.И., Вольнов В.В. Концепция формирования ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 11. – С. 92-97.

3. Беляев В.И. Техническое и технологическое обеспечение ресурсосберегающих технологий производства зерна в Алтайском крае // Актуальная статистика Сибири // Информационно-статистический журнал. – 2013. – № 1. – С. 72-81.

4. Беляев В.И., Майнель Т., Соколова Л.В. Формирование урожая яровой мягкой пшеницы по различным предшественникам при минимизации обработки почвы в умеренно-засушливой степи Алтайского края // Роль целины и перспективы развития земледелия и растениеводства Казахстана: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию освоения целинных и залежных земель. – Шортанды - Астана: Изд-во НПЦ зерно-

вого хозяйства им. А.И. Бараева, 2014. – С. 158-163.

5. Беляев В.И., Майнель Т., Кожанов С.А., Тиссен Р., Беляев В.В., Кожанов Н.А. Международный проект «Кулунда»: обоснование инновационных комплексов машин и технологий возделывания сельскохозяйственных культур для степной зоны Алтайского края // Аграрная наука – сельскому хозяйству: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2014. – Кн. 3. – С. 3-8.

6. Беляев В.И. Рациональные параметры технологии «No-Till» и прямого посева при возделывании сельскохозяйственных культур в Алтайском крае // Вестник Алтайской науки. – 2015. – № 1 (23). – С. 7-12.

7. Беляев В.И. Прямой посев на Алтае // Ресурсосберегающее земледелие. – 2016. – № 2 (30). – С. 8-14.

8. Belyaev, V.I., Sokolova, L.V., Kuznecov, V.N., Matsyura, A.V. (2017). Effect of sowing aggregates on sowing quality of spring soft wheat (the case of moderate dry-forest steppe, Altay region). Ukrainian Journal of Ecology, №7(3), с.258–263.

9. Belyaev, V.I., Rudev, N.V., Maynel, T., Kozhanov S.A., Sokolova L. V., Matsyura, A.V. (2017). Effect of sowing aggregates for direct sowing, sowing seeding rates and doses of mineral fertilizers on spring wheat yield in the dry steppe of Altai Krai. Ukrainian Journal of Ecology, №7(4), с.145–150.

10. Беляев В.И., Майнель Т., Грюнвальд Л., Соколова Л.В., Кузнецов А.В., Мацюра А.В. Влияние технологии возделывания яровой мягкой пшеницы, гороха и рапса на водный режим почвы и урожайность // Ukrainian Journal of Ecology. – 2018. – № 8 (1). – С. 873-879.

11. Беляев В.И., Соколова Л.В. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 5-11.

References

1. Belyaev V.I., Volnov V.V. Resursosberegayushchie tekhnologii vzdelyvaniya zernovykh kultur v Altayskom krae. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2010. – 205 s.

2. Belyaev V.I., Volnov V.V. Kontsepsiya formirovaniya resursosberegayushchikh tekhnologiy vozdeleyvaniya zernovykh kultur v Altayskom krae // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – No. 11. – S. 92-97.
3. Belyaev V.I. Tekhnicheskoe i tekhnologicheskoe obespechenie resursosberegayushchikh tekhnologiy proizvodstva zerna v Altayskom krae // Aktualnaya statistika Sibiri. – Informatsionno-statisticheskii zhurnal. – 2013. – No. 1. – S. 72-81.
4. Belyaev V.I., Maynel T., Sokolova L.V. Formirovanie urozhaya yarovoy myagkoy pshenitsy po razlichnym predshestvennikam pri minimizatsii obrabotki pochvy v umerenno-zasushlivoy stepi Altayskogo kraia // Rol tseliny i perspektivy razvitiya zemledeliya i rasteniyevodstva Kazakhstana: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 60-letiyu osvoiniya tselinnykh i zaleznykh zemel. – Shortandy-Astana: Izd-vo NPTs zernovogo khozyaystva im. A.I. Baraeva, 2014. – S. 158-163.
5. Belyaev V.I., Maynel T., Kozhanov S.A., Tissen R., Belyaev V.V., Kozhanov N.A. Mezhdunarodnyy proekt «Kulunda»: obosnovanie innovatsionnykh kompleksov mashin i tekhnologiy vozdeleyvaniya selskokhozyaystvennykh kultur dlya stepnoy zony Altayskogo kraia // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu: sbornik statey: v 3 kn. / IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (5-6 fevralya 2014 g.). – Barnaul: RIO AGAU, 2014. – Kn. 3. – S. 3-8.
6. Belyaev V.I. Ratsionalnye parametry tekhnologii «No-Till» i pryamogo poseva pri vozdeleyvanii selskokhozyaystvennykh kultur v Altayskom krae // Vestnik Altayskoy nauki. – 2015. – No. 1 (23). – S. 7-12.
7. Belyaev V.I. Pryamoy posev na Altae // Resursosberegayushchee zemledelie. – 2016. – No. 2 (30). – S. 8-14.
8. Belyaev, V.I., Sokolova, L.V., Kuznecov, V.N., Matsyura, A.V. (2017). Effect of sowing aggregates on sowing quality of spring soft wheat (the case of moderate dry-forest steppe, Altay region). Ukrainian Journal of Ecology. No.7 (3): 258-263.
9. Belyaev, V.I., Rudev, N.V., Maynel, T., Kozhanov S.A., Sokolova L. V., Matsyura, A.V. (2017). Effect of sowing aggregates for direct sowing, sowing seeding rates and doses of mineral fertilizers on spring wheat yield in the dry steppe of Altai Krai. Ukrainian Journal of Ecology. No. 7 (4): 145-150.
10. Belyaev V.I., Maynel T., Gryunvald L., Sokolova L.V., Kuznetsov A.V., Matsyura A.V. Vliyanie tekhnologii vozdeleyvaniya yarovoy myagkoy pshe-nitsy, gorokha i rapsa na vodnyy rezhim pochvy i urozhaynost. – Ukrainian Journal of Ecology, 2018, No. 8 (1), s. 873-879.
11. Belyaev V.I., Sokolova L.V. Perspektivnye agrotekhnologii proizvodstva zerna v Altayskom krae // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 4 (162). – S. 5-11.



УДК 631.363:634.1

И.Я. Федоренко
I.Ya. Fedorenko

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИОННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ С КОРМОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ: ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ

MODELING OF INTERACTION OF VIBRATING WORK PARTS WITH FEED MATERIALS: PRINCIPLES, METHODS, RESULTS

Ключевые слова: вибрационные кормоприготовительные машины, слой корма, динамическое поведение, критерии подобия.

Keywords: vibrating feed production machines, feed layer, dynamic behavior, similarity criteria.