

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 633.11:546.4 (571.1)

**И. А. БОБРЕНКО
Н. В. ГОМАН
Н. В. ШУВАЛОВА**

Омский государственный аграрный
университет им. П. А. Столыпина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗНЫХ ПРИЕМОВ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯРОВУЮ ПШЕНИЦУ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В полевых опытах на лугово-черноземной почве установлено, что растения яровой пшеницы положительно отзываются на применение цинковых удобрений. Определены агрохимические нормативные параметры минерального питания яровой пшеницы.

Ключевые слова: яровая пшеница, лугово-черноземная почва, урожайность, качество, цинковые удобрения.

Введение. Из яровых зерновых культур в России наибольшее значение имеет яровая пшеница.

Яровые зерновые хлеба представлены в Российской Федерации большим разнообразием видов и ведущая роль принадлежит яровой пшенице, которая составляет в валовом сборе зерна приблизительно 23 %. Яровая пшеница с самых древних времен и до настоящего времени является одной из ведущих зерновых культур во многих странах мира. Ее значение для продовольственной безопасности и эконо-

мического благосостояния сельского хозяйства населения страны вполне очевидно.

Увеличение производства растительного белка и улучшение качества продукции зерновых культур — важнейшая задача сельского хозяйства. В ее выполнении главная роль принадлежит минеральным удобрениям, в том числе и микроудобрениям, применение которых, по многочисленным данным, является эффективным приемом повышения урожайности и качества зерна этих культур [1].

Влияние основного внесения цинковых удобрений (кг д.в./га)
на урожайность зерна яровой пшеницы на лугово-черноземной почве
(по фону N₆₀, 2009–2011 гг.)

Таблица 1

Вариант	Урожайность зерна, т/га				Прибавка	
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	средняя	т/га	% к контролю
Контроль	1,53	2,03	3,7	2,42	—	—
Zn ₄	1,90	2,44	3,89	2,93	0,51	21,1
Zn ₈	2,06	2,70	4,11	2,96	0,54	22,3
P ₆₀	2,01	2,41	4,01	2,81	0,39	16,1
P ₆₀ + Zn ₄	2,15	2,59	4,10	2,95	0,53	21,9
P ₆₀ + Zn ₈	2,40	3,01	3,93	3,11	0,69	28,5
HCP _{0,5}	0,12	0,11	0,13	—	—	—

Влияние обработки семян цинковыми удобрениями (г/ц)
на урожайность яровой пшеницы на лугово-черноземной почве (2009–2011 гг.)

Таблица 2

Вариант	Урожайность зерна, т/га				Прибавка	
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	средняя	т/га	% к контролю
Контроль	1,53	2,03	3,70	2,42	—	—
N ₆₀ P ₆₀ (фон)	2,01	2,41	4,01	2,81	0,39	16,1
фон + Zn ₅₀ *	2,38	2,7	4,18	3,08	0,66	27,3
фон + Zn ₁₀₀ *	2,24	2,68	3,98	2,97	0,55	22,7
фон + Zn ₁₅₀ *	2,15	2,33	3,81	2,76	0,34	14,0
HCP _{0,5} , т/га	0,12	0,11	0,14	—	—	—

Примечание * — граммов соли Zn на 1 центнер семян

Наука и практика в настоящее время располагает обширным материалом, доказывающим, что при недостатке в почве усвояемых форм микроэлементов сельскохозяйственные культуры дают низкие урожаи. Острый недостаток микроэлементов в почве приводит к заболеванию растений и даже к их гибели.

По данным ФГУ ЦАС «Омский», на основании проведенных обследований почв черноземного ряда, в первом минимуме находится цинк. Цинк является компонентом многих ферментов, активно участвует в дыхании, синтезе хлорофилла и других жизненно важных процессах и в определенных дозах повышает урожайность многих культур [2].

Разработка сбалансированного питания микроэлементными яровой пшеницы даст возможность оптимизировать питание с целью получения высокого урожая зерна в количественном и качественном отношении [3].

Цель исследований — выявить эффективность применения цинковых удобрений под яровую пшеницу на лугово-черноземной почве в условиях южной лесостепи Западной Сибири, определить нормативные агрохимические параметры питания растений.

Методика исследования. Полевые опыты проводились в 2009–2011 гг. на опытном поле ФГБОУ ВПО ОмГАУ. Сорт яровой пшеницы — Дуэт. Содержание в пахотном слое нитратного азота и подвижного фосфора — среднее, обменного калия — высокое, подвижного цинка — низкое.

Расположение делянок на опытном участке систематическое. Площадь делянок — 17 м². Повторность вариантов в опыте трёхкратная, расположение повторностей — в один ярус. Схемы опытов предусмат-

ривали изучение различных доз цинковых удобрений при основном внесении и опудривании семян на фонах макроудобрений. Формы удобрений — аммиачная селитра, суперфосфат двойной, сернокислый цинк. Предшественником яровой пшеницы был пар. Агротехника — общепринятая для зоны.

Результаты и их обсуждение. Исследования выявили разнообразное положительное действие цинковых удобрений в основное внесение на урожайность яровой пшеницы в зависимости от доз и фона применения (табл. 1). Внесение цинковых удобрений в дозах 4 и 8 кг/га без применения фосфорных удобрений позволило сформировать высокую прибавку урожая (0,51 и 0,54 т/га при урожайности в контрольном варианте 2,42 в среднем по годам исследований), при этом окупаемость цинка удобрений была даже выше, чем от их внесения на фосфорном фоне. Наибольшая прибавка урожая зерна пшеницы 0,69 т/га сформировалась при применении дозы цинка 8 кг/га на фоне P₆₀. В то же время внесение цинковых удобрений в дозе 4 кг/га на фоне P₆₀ не привело к увеличению урожайности по сравнению с такой же дозой без фосфорного фона (прибавка урожая 0,51 и 0,53 т/га соответственно). Вероятно, это можно объяснить негативным влиянием на поступление цинка повышенного содержания фосфора в почве при применении фосфорных удобрений, что было отмечено ранее и другими авторами [3–5]. Для преодоления негативного влияния данного фактора потребовалось увеличение дозы цинка до 8 кг/га, что позволило получить наивысшую урожайность в опыте.

При опудривании семенного материала цинковым удобрением выявлено (табл. 2), что наиболее эффек-

Таблица 3
Влияние основного внесения цинковых удобрений (кг д.в./га)
на качество зерна яровой пшеницы (по фону N₆₀, среднее 2009–2010 гг.)

Вариант	Стекловидность, %	Белок, %	Клейковина, %
Контроль	50	15,22	30,1
Zn ₄	51	16,79	33,2
Zn ₈	50	17,16	34,7
P ₆₀	53	17,22	34,3
P ₆₀ + Zn ₄	50	17,05	34,6
P ₆₀ + Zn ₈	51	17,73	35,1

Таблица 4
Влияние опудривания семян цинковыми удобрениями (г/ц)
на качество зерна яровой пшеницы (среднее 2009–2010 гг.)

Вариант	Стекловидность, %	Белок, %	Клейковина, %
Контроль	50	15,2	30,1
N ₆₀ P ₆₀ (фон)	53	17,2	34,3
фон + Zn ₅₀ *	50	16,9	34,8
фон + Zn ₁₀₀ *	51	16,6	35,2
фон + Zn ₁₅₀ *	50	16,1	34,5

Примечание * — граммов соли Zn на 1 центнер семян

Таблица 5
Нормативные агрохимические показатели яровой пшеницы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
КИП	0,69	0,20	0,17
КИУ	0,37	0,13	—
Потребление для создания 1 т зерна, кг	45	12	23
Nт, кг/га	67	—	—

тивно их применение 50 г/ц — при применении цинка получена прибавка урожая зерна 0,66 т/га, или 27,3 % к контролю.

Таким образом, в результате проведённых исследований была выявлена высокая эффективность применения цинковых удобрений в основное внесение и опудривания семян яровой пшеницы цинковым удобрением при её выращивании на лугово-чернозёмной почве лесостепи Омского области.

По химическому составу и соотношению питательных веществ зерно яровой пшеницы выгодно отличается от зерна других культур. Оно содержит большое количество веществ, крайне необходимых для жизни человека. Основными из них, определяющими ценность зерна, являются белки и углеводы. Содержание белка в зерне зерновых и его качество зависят от факторов окружающей среды в период вегетации, а также от условий возделывания. Высокое содержание белка, хорошие его физические свойства не только повышают питательную ценность хлебных изделий, но и являются основным условием высоких хлебопекарных качеств.

В исследованиях отмечалось положительное влияние основного внесения цинковых удобрений на содержание белка в зерне яровой пшеницы (табл. 3) — повышение его содержания от данного приема наблюдалось во всех удобренных вариантах (16,79 — 17,73 %) по сравнению с контролем (15,22 %).

Отмечается в целом положительное влияние цинковых удобрений и на содержание клейковины

в зерне. Так, при внесении Zn₈ на фоне N₆₀ и N₆₀P₆₀ в зерне яровой пшеницы содержание клейковины составило 35,1 и 34,7 %, а без цинка соответственно 30,1 и 34,3 %. Положительное влияние цинковых удобрений на содержание белка и клейковины в зерне отмечается и другими исследователями [6–9].

Цинковые удобрения при опудривании также влияли на показатели качества (табл. 4). Наибольшее содержание белка наблюдалось в варианте с дозой Zn₅₀ 16,9%, в контрольном варианте — 15,2 %.

На стекловидность зерна влияния микроудобрений не отмечено.

Установлены нормативные параметры минерального питания яровой пшеницы (табл. 5). Коэффициенты использования элементов питания из почвы (КИП) составили по азоту 0,69, по фосфору — 0,20, по калию — 0,17; из фосфорных удобрений (КИУ) — 0,13. Для создания 1 т зерна яровая пшеница потребляла азота 45 кг, фосфора — 12 кг, калия — 23 кг. Азот текущей нитрификации (Nт) составил 67 кг/га.

Данные показатели могут использоваться для расчета доз удобрений на прибавку урожая (П) по формуле [1]:

$$Д = \frac{КД \cdot Н \cdot П}{Ку},$$

где Д — доза удобрений, кг д.в./га; КД — коэффициент действия удобрений, указывающий на отклонение фактического содержания элемента питания

в почве от оптимального; Н — норма расхода элемента питания на создание 1 т основной продукции; Ку — коэффициент использования элемента питания из удобрений.

В основу расчета доз удобрений на планируемый урожай (ПУ) положена общая формула:

$$A = \frac{ПУ \cdot Н \cdot С \cdot Кп}{Ку},$$

где С — содержание элемента питания в слое почвы 0–30 кг/га; Кп — коэффициент использования элементов питания из почвы.

При расчете дозы азота используется формула:

$$A = \frac{ПУ \cdot Н \cdot (С + Nт) \cdot Кп}{Ку},$$

где Nт — азот текущей нитрификации, кг/га.

На основании полученных агрохимических нормативных показателей можно рассчитать дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность или прибавку урожая яровой пшеницы в производственных условиях на черноземных почвах Западной Сибири.

Выводы. В результате исследований установлена высокая эффективность применения цинковых удобрений на лугово-черноземной почве под яровую пшеницу в основное внесение и при опудривании семян, разработаны нормативные агрохимические показатели для определения доз макроудобрений под данную культуру в условиях Западной Сибири.

Библиографический список

1. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, качество продукции зерновых и зернобобовых культур / А. Н. Аристархов [и др.] // Агрохимия. — 2010. — № 9. — С. 36–50.
2. Красницкий, В. М. Агрохимическая характеристика и плодородие почв Омской области / В. М. Красницкий. — Омск, 1999. — 51 с.

3. Ермохин, Ю. И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе «ПРОДА») : моногр. / Ю. И. Ермохин, И. А. Бобренко. — Омск : Изд-во ОмГАУ, 2005. — 284 с.

4. Ильин, В. Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В. Б. Ильин, А. И. Сысо. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. — 229 с.

5. Красницкий, В. М. Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири / В. М. Красницкий. — Омск : ОмГАУ, 2002. — 144 с.

6. Анспок, П. И. Микроудобрения : справочник / П. И. Анспок. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л. : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. — 272 с.

7. Каталимов, М. В. Микроэлементы и микроудобрения / М. В. Каталимов. — М.—Л. : Химия, 1965. — 329 с.

8. Влияние совместного и раздельного применения макроудобрений, серы и цинка на качество яровой пшеницы / Кострицина М. Н. [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2005. — № 1(17). — С. 166–169.

9. Москвитин, А. С. Влияние азотных удобрений, сульфата цинка и гербицидов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Алтайского Приобья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / А. С. Москвитин. — Барнаул, 2005. — 18 с.

БОБРЕНКО Игорь Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, декан факультета агрохимии, почвоведения и экологии.

ГОМАН Наталья Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой агрохимии.

ШУВАЛОВА Наталья Васильевна, аспирантка и лаборант кафедры агрохимии.

Адрес для переписки: 644008, г. Омск, Институтская пл., 2.

Статья поступила в редакцию 21.02.2012 г.

© И. А. Бобренко, Н. В. Гоман, Н. В. Шувалова

Книжная полка

Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. для вузов / Б. А. Доспехов. — 6-е изд., стер. — М. : Альянс, 2011. — 352 с. — ISBN 978-5-903034-96-3.

Учебник написан в соответствии с программой одноименного курса. Содержит теоретический курс методики полевого опыта: современные методы планирования эксперимента, наблюдений и учетов, выбора и подготовки земельных участков, закладки и проведения опыта и т. д.

Третяков, Н. Н. Вредители и болезни сельскохозяйственных культур : учеб. пособие для начал. проф. образования / Н. Н. Третяков, Ю. М. Стройков, В. В. Гриценко. — 3-е изд., стер. — М. : Academia, 2012. — 224 с. — Гриф Экспертного совета по проф. образованию МО РФ. — ISBN 978-5-7695-9041-2.

В учебном пособии рассмотрены морфологические и биологические характеристики основных групп вредителей и возбудителей болезней растений. Описаны наиболее важные и распространенные вредители и болезни зерновых, бобовых культур, картофеля, овощных, плодовых и ягодных культур, а также методы и приемы защиты растений от них. Дана характеристика современных химических и биологических препаратов, применяемых для защиты растений. Приведены основные элементы организации работ по защите растений. Учебное пособие может быть использовано при освоении общепрофессиональной дисциплины ОП.01 «Биологические основы агрономии» в соответствии с ФГОС НПО для профессии 110401.01 «Мастер растениеводства». Для обучающихся в учреждениях начального профессионального образования.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

На основании использования категориально-системных подходов методологического анализа обширного экспериментального материала региональных научных коллективов установлены закономерности взаимодействия маятникового типа между положительными и негативными результатами, как применения мелиоративных приемов, так и теоретического анализа космической информации в целях ее использования при составлении прогноза эффективности комплексной мелиорации земель Сибирского региона.

Ключевые слова: методология науки, категориально-системный анализ тенденций, почвенный покров, дистанционное зондирование Земли.

Одним из коренных условий, обеспечивающих ускорение прогресса научных исследований, в современных условиях выступает разработка теории и средств методологии. Они порождаются, прежде всего, усложнением научного знания, ускорением процесса его дифференциации и интеграции знаний, которые требуют учета специфических региональных особенностей процессов и характера изучаемого объекта. В отличие от эпох развития методологии научного поиска Аристотеля и Гегеля, в современных условиях роль системных подходов развития научного знания и общественной практики неизмеримо возросла и является условием инновационных результатов.

Вместе с прогрессом общественных отношений и выдвиганием технологической сферы на передний план в методологии науки приобретают большое значение принципы разработки новых технологий. Но при этом выдвигание сугубо умозрительных конструкций стало признаваться равноправным участником научного исследования. В ходе мысленного эксперимента теоретик как бы проигрывает возможные варианты поведения разработанных им идеализированных объектов при изменении окружающих условий после реализации прогнозной модели. Наряду с наблюдением и экспериментом, теоретический прогноз оказывается зачастую даже более предпочтительным, поскольку позволяет сокращать время между выдвиганием теории, ее разработкой и внедрением в практику. Это привело к превращению ее из сугубо познавательного интереса объективности истины в сферу профессиональных отношений, стимулирующих превращение инновационности научных исследований как методов познания в инновационные технологии, среди которых особое место занимают проблемы повышения природно-ресурсного потенциала регионов.

В последние годы широкое применение в практике любых научных исследований системного подхода потребовало и расширения спектра философского осмысления методологии научного познания. Применительно к современным проблемам аграрной сферы в целом и, в частности, рационального использования почвенного покрова, а также взаимоотно-

шения экономических и социальных партнеров производства и потребления природно-ресурсного потенциала регионов должны строиться по определенным методологическим принципам [1]. Они, в свою очередь, зависят от природно-сельскохозяйственных условий регионов и интеграционных связей землепользователей и всего агропромышленного комплекса, включая аграрную науку:

— принцип альтернативности и гибкости, который требует проведения многовариантных прогнозных разработок (альтернатив). Применительно к оценке природно-ресурсного потенциала регионов использование данного принципа должно показать землепользователям, даже работающим в пределах одной климатической зоны, необходимость строгой дифференциации агротехнологии, исходя из особенностей почвенного покрова;

— принцип системности, позволяющий расчленивать любую систему на множество иерархически связанных подсистем как почвенно-агротехнических, так и социально-экономических;

— принцип целенаправленности и приоритетности, требующий, чтобы каждый проект и прогноз был направлен на достижение определенных целей, а в качестве приоритетов выделялись не только отраслевые, но и социально-экономические проблемы, от развития и решения которых зависит развитие экономики региона как модели общества в целом;

— принцип сбалансированности и пропорционального развития экономики отрасли и региона, учитывающий балансовую увязку показателей общеэкономических, меж- и внутриотраслевых, территориальных пропорций и особенно их соблюдения.

С этими принципами тесно связаны принципы сочетания отраслевых и региональных аспектов планирования; научной обоснованности, с учетом экономических законов и закономерностей развития производства и др.

Проблемы, возникшие в современной сфере производства продукции сельского хозяйства на фоне неуклонного роста населения планеты, с одной стороны, и сокращения не только общей площади пахотнопригодных земель, но и эффективного

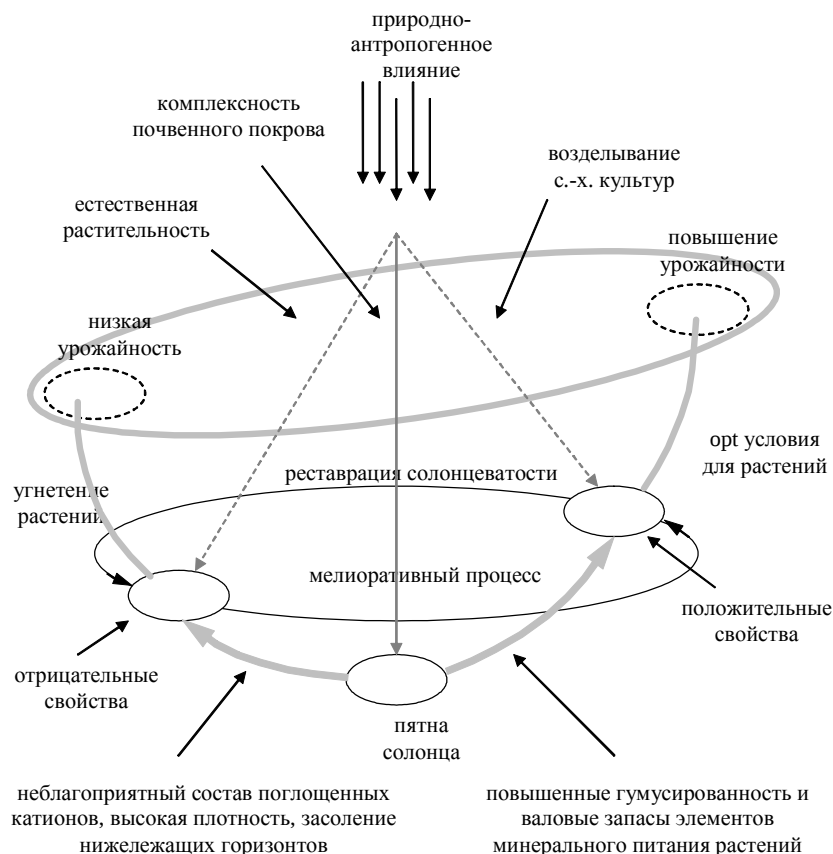


Рис. 1. Категориальный ряд неопределенности
«Существование и мелиорация солонцов»

использования сохранившихся пахотных земель в большинстве развитых государств, вызвали необходимость дополнения действующих принципов новыми. Среди них на первый план выходит принцип рационального использования всех материально-технических ресурсов, и в том числе постоянно сокращающейся площади пахотных земель планеты. Только за последние 20 лет посевная площадь в России (как в Японии, США, Германии и др.) сократилась со 120 до 80 млн га, что существенно больше площади освоения целинных и залежных земель Сибири и Зауралья, которое осуществлялось в 1936–1939 и в 1954–1960 гг. [2, 3]. В связи с этим стал актуальным принцип принятия кардинальных поправок в ранее принятые технологические решения на основе использования оперативной космической информации о состоянии объекта технологии. Создание системы ГЛОНАС, запуск с космодрома Байконур германской системы RapidEye из пяти спутников, которые производят мультиспектральную съемку планеты с ежесуточной периодичностью и предполагаемый запуск в ближайшее время аналогичного по функциональности российского спутника «КосмосСХ», позволяют достичь инновационного прорыва во многих отраслях народного хозяйства и, не в последнюю очередь, — перехода от зональных агротехнологий к оперативному учету ландшафтно-экологического состояния плодородия земель.

Теоретической базой реализации указанных принципов в современных условиях являются новые подходы к философскому осмыслению современных процессов природопользования. Мы имеем в виду как минимум прогресс в плане практического использования в народном хозяйстве космической ин-

формации и экологических приоритетов в мелиорации земель, а в плане гносеологического осмысления современных процессов — использование категориально-системных подходов методологического анализа обширного экспериментального материала региональных научных коллективов [4].

В области достижений последних лет сибирской почвенной науки, созданной трудами выдающихся почвоведов XX века С. С. Неуструева, К. П. Горшенина, Н. Д. Градобоева и Н. В. Орловского, можно отметить вклад ряда молодых исследователей Омского аграрного университета О. С. Сергеевой, А. М. Гиндемит и др. В частности, с применением метода «категориальных рядов», который позволяет сочетать как анализ тенденций изменений объекта, так и динамику движения проблемного поля [5], был раскрыт маятниковый тип механизма взаимосвязанных мелиоративных изменений распротраненных в пашне Ишим-Иртышского междуречья солонцовых почв низкого плодородия, занимающих каждый четвертый гектар Омской пашни, и, казалось бы, негативных процессов реставрации солонцовых свойств почв, показанных на рис. 1.

На данной схеме можно видеть, что точкой устойчивого равновесия, или центральным звеном мелиорации, являются пятна солонца, расположенные среди плодородных почв, а точкой неустойчивого равновесия — ликвидация солонцовой пятнистости. Составляющими элементами являются положительные и отрицательные свойства солонца от точки А к точке Б, раскрывающие путь изменения продуктивности данных земель. Основными тенденциями изучаемого ряда стали силы, обеспечивающие перемещение маятника в противоположные стороны: мелиоративный процесс и реставрация солонцева-

тости. В роли неопределенности выступает природно-антропогенное влияние, т.е. разрабатываемая автором агротехнология. Реализацией теоретического исследования явились патенты, полученные ее автором в 2011 г. на способ мелиоративной обработки почв низкого плодородия, и рабочую модель для его реализации, включенные в диссертационную работу 2012 г.

Столь же продуктивным оказался теоретический анализ материалов дистанционного зондирования Земли, позволивший сочетанием теоретического когнитивного инструментария с дендрографическим вариантом кластерного анализа выявить наиболее информативные подходы к почвенному дешифрированию космических снимков [6, 7]. Столь новый оригинальный подход к решению проблемы вызвал весьма негативные отзывы ведущих почвоведов Москвы и Новосибирска. Но, подкрепленная патентом и достаточно острой научной дискуссией, диссертационная работа О. С. Сергеевой была в декабре истекшего года защищена единогласно.

В плане решения предложенной Минсельхозом России задачи о разработке методологии и методики обоснования эффективности комплексных мелиораций сельскохозяйственных земель наиболее сложным оказался вопрос достоверной оценки состояния земель по регионам страны. В современных условиях нельзя базироваться при решении подобных задач на имеющихся статистических материалах, так как они основаны на результатах почвенного обследования земель, проведенного до 1990 года при нормативном сроке их достоверности не более 15 лет. Методологические принципы альтернативности, системности, целенаправленности и приоритетности диктуют необходимость в целях базовой объективной оценки природно-ресурсного потенциала земельных фондов в первоочередном порядке использовать мультиспектральные космические снимки среднего и высокого разрешения, получаемые при дистанционном зондировании Земли.

На основе категориально-системного методологического подхода была разработана гомеостатическая схема методики дешифрирования космической информации (рис. 2).

Представленный алгоритм можно рассматривать как процесс сбора творческих ассоциаций по поводу планируемого исследования.

На входе в систему планируется разработка принципов обоснования региональной подсистемы адаптивно-ландшафтного земледелия (РАЛЗ); на выходе — внедрение разработанной агротехнологии. В роли высшего органа управления ставятся цели и задачи (ЦиЗ), из которых вытекает сам процесс построения алгоритма работы. Блок дополнительной активации и адаптации представлен сельскохозяйственными орудиями, лабораторным оборудованием и подсистемой компьютерного анализа, которые используются в работе (программные комплексы ENVI, MapInfo, Table Curve 3d, Adobe Photoshop).

Местным регулятором выступает мультиспектральный снимок, на котором выделяются агроценозы, расположенные на массивах со сложным почвенным покровом (ПП). Объектами наблюдения, являются спектральные характеристики полей (СХП). Первым регулятором-исполнителем (4) берутся данные о почвенном покрове, куда входят: история полей, структура почвенного покрова, химический состав почв. Вторым регулятором-исполнителем (5) становится коэффициент спектральной яркости агроценозов (КСЯ %). Он включает в себя анализ и

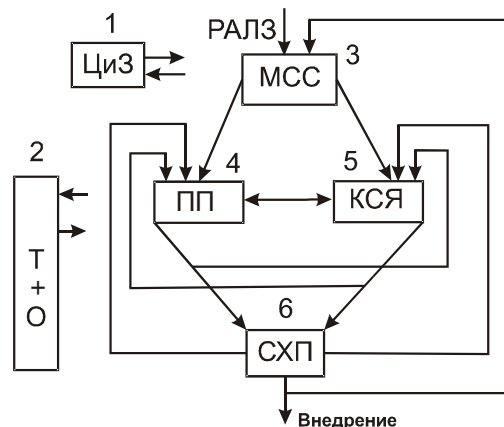


Рис. 2. Гомеостатическая схема методики дешифрирования мультиспектральных космических снимков:
1 — высший орган управления;
2 — блок дополнительной активации и адаптации;
3 — местный руководитель;
4, 5 — регулятор-исполнитель 1 и 2;
6 — объект наблюдения

синтез данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

В системе выделяются прямые и обратные связи. К прямым относятся связи от местного руководителя к регуляторам-исполнителям и связи от регуляторов-исполнителей к объекту.

При разработке подсистемы агропочвенного дешифрирования мультиспектральных снимков необходимо учитывать, что они характеризуют отражательную способность агроценозов в целом, в единстве почва — растения. Поглощение условно стабильной солнечной радиации данной системой, проявляющееся в характере всегда динамичной отражательной способности агроценоза, изменяется как во времени, так и в пространстве. Основными факторами этой динамичности поглощения солнечной радиации являются сезонная периодичность почвенных процессов, динамика прохождения фаз развития растений, влияние системы севооборота от состояния парового поля без растительности, богатого влагой и элементами питания, до последнего поля севооборота, крайне бедного элементами питания, запасами влаги, при высокой засоренности. Все это закономерно изменяет величину коэффициента спектральной яркости светоотражения растений на одном и том же земельном участке при, казалось бы, неизменном ПП.

При комплексном изучении структуры ПП для определения закономерностей изменения коэффициентов спектральной яркости почв и преобладающих в регионе с.-х. культур, ожидается обоснование эталонного спектра светоотражения агроценозов и закономерностей в отклонении величины и качества КСЯ, обусловленных объективными условиями, несмотря на неизбежность естественного «случайного» непредсказуемого варьирования как поглощения, так и отражения показателей солнечной радиации.

На основании одновременного анализа и синтеза, оперативно поступающих в результате ДЗЗ данных светоотражения агроценозов, ожидается определение объективной региональной спектральной характеристики почв для оперативного внесения поправок в действующую агротехнологию любого земледелия, вплоть до небольших крестьянско-фермерских хозяйств.

Обратные связи:

— генеральная обратная связь. При ослаблении или искажении генеральной связи может быть преувеличена или уменьшена эффективность использования космоснимков для оценки состояния ПП. Впервые разрабатываемая генеральная обратная связь на экспериментальном массиве внедрения результатов позволит проверить полученные рекомендации на другой территории с аналогичными природными и социальными условиями для выявления ошибок прогноза и его дальнейшей корректировки;

— обратная связь местного уровня, которая аналогична генеральной обратной связи;

— перекрестные обратные связи несут информацию для регуляторов-исполнителей о результатах деятельности друг друга.

В рассмотренной схеме между регуляторами-исполнителями существуют отношения партнерства, союза.

При применении данного алгоритма расшифровывания материалов ДЗЗ существенно повышается наукоёмкость полученных данных, уменьшается количество погрешностей при дешифрировании космических снимков. В итоге получаемые рекомендации могут использоваться не только для совершенствования методики почвенного обследования территорий и внедрения современных принципов земледелия, но и решения многих подобных задач управления народным хозяйством на основе оперативного анализа регулярно передаваемых заказчику космических снимков. Появляется реальная возможность регулярно обновлять информацию о состоянии не только сельскохозяйственного, но и лесного хозяйства, а также социально-экологического состояния любого населенного пункта от села до мегаполиса с учетом региональных особенностей, которые невозможно учесть при едином государственном подходе к решению глобальных проблем современности.

Таким образом, альянс инновационных технологий познания природы и разработки современных агротехнологий, легко изменяемых, на основании оперативной космической информации о состоянии системы почва — растения с теоретическим анализом поступающей информации на основе методологии системного анализа и когнитивного инструментария, позволяет выявлять региональные особенности и непредсказуемые отклонения при реализации планов и прогнозов с целью обеспечения максимальной производительности производства с учетом интере-

сов данной территории и рационального использования местных ресурсов.

Библиографический список

1. Измайлова, С. Методологические принципы формирования сферы переработки и производства молока / С. Измайлова // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2011. — № 3. — С. 40—41.
2. Березин, А. В. Этапы освоения целинных земель Сибири / А. В. Березин // Полвека целине : сб. науч. тр., посвящ. 50-летию освоения целинных и залежных земель / РАСХН, Сиб. отд-ние. СибНИИСХ. — Омск, 2004. — С. 35—43.
3. Закономерности вывода из оборота сельскохозяйственных земель в России и мире и процессы постагрогенного развития залежей / Д. Ю. Люри [и др.] // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, вышедших из активного сельскохозяйственного оборота : материалы Всерос. науч. конф. — М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. — С. 45—71.
4. Разумов, В. И. Категорияльно-системная методология в подготовке ученых : учеб. пособие / В. И. Разумов. — Омск : Омск. гос. ун-т, 2004. — 227 с.
5. Семененко (Гиндемит), А. М. Категорияльно-системный подход к познанию процесса мелиорации солонцов / А. М. Семененко (Гиндемит) // Проблемы истории, методологии и философии почвоведения : тр. II Нац. конф. с междунар. участием (5—9 ноября 2007 г.). В 2 т. Т. 2. — Пущино, 2007. — С. 332—335.
6. Сергеева, О. С. Методологические аспекты спектральной отражательной способности агрофитоценозов / О. С. Сергеева // Проблемы истории, методологии и философии почвоведения : тр. II Нац. конф. с междунар. участием (5—9 ноября 2007 г.). В 2 т. Т. 2. — Пущино, 2007. — С. 377—380.
7. Сергеева, О. С. Мониторинг почвенного покрова Западной Сибири по данным дистанционного зондирования / О. С. Сергеева, В. М. Красницкий, А. В. Березин // Плодородие. — 2010. — № 1 (52). — С. 7—9.

БЕРЕЗИН Леонид Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), профессор кафедры почвоведения, академик Международной академии экологии (МАНЭБ).

ШАЯХМЕТОВ Марат Рахимбердыевич, аспирант кафедры почвоведения.

Адрес для переписки: 644008, г. Омск, Институтская пл., 2.

Статья поступила в редакцию 15.02.2012 г.

© А. В. Березин, М. Р. Шаяхметов

Книжная полка

Кабашникова, Л.Ф. Фотосинтетический аппарат и потенциал продуктивности хлебных злаков : моногр. / Л. Ф. Кабашникова. — Минск : Белорусская наука, 2011. — 327 с. — ISBN 978-985-08-1345-9.

В монографии изложены современные научные представления о взаимодействии процессов фотосинтеза и роста как основных элементов продуктивности злаковых растений. Особое внимание уделено генетической, фитогормональной и фоторецепторной системам регуляции процессов роста и формирования аппарата фотосинтеза в модельных системах (колеопти, каллусы), а также на разных стадиях онтогенеза растений. Научно обоснованы основные направления использования фотосинтетических показателей в селекции и при разработке адаптивных технологий возделывания хлебных злаков. Адресуется широкому кругу специалистов биологического профиля — биофизикам, биохимикам, генетикам, селекционерам, агрономам, а также преподавателям высших учебных заведений и аспирантам.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СВЯЗИ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА—УДОБРЕНИЕ—РАСТЕНИЕ» И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ГОЛОЗЕРНЫЙ ЯЧМЕНЬ

В статье рассматривается комплексный подход к диагностике потребности голозерного ячменя в удобрениях, статистический метод анализа системы «почва — растение — удобрение», с помощью которого построены математические модели, позволяющие связать формирование урожая с дозами и сочетаниями применяемых удобрений.

Ключевые слова: диагностика, азотные и фосфорные минеральные удобрения, урожай.

Оптимальные условия минерального питания растений складываются из характеристики химического состава почв и связанного с этим дополнительного внесения питательных веществ удобрений.

Полевые опыты, в которых испытывают несколько возрастающих доз и сочетаний каждого из питательных веществ, могут служить надежным методом диагностики потребности и эффективности минеральных удобрений.

При комплексном подходе к диагностике питания культур необходимо иметь такие данные, как оптимальные уровни и соотношения основных элементов питания в почве, их вынос единицей урожая, коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений и другие параметры, которые используются при расчете доз удобрений. Установление этих связей и закономерностей, представление их в математическом выражении, с учетом почвенно-климатических условий и особенностей возделывания культур, является необходимостью для получения максимально высоких и биологически полноценных урожаев [1].

В наших исследованиях аммиачную селитру, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий вносили в лугово-черноземную среднетяжелую среднегумусовую тяжелосуглинистую почву до посева с последующей заделкой культиватором. Учетная площадь делянок составила 18 м².

Для оперативного осуществления почвенной диагностики потребности ярового голозерного ячменя в удобрениях специально разработан оперативный экспресс-метод экстрагирования элементов питания 2%-ной уксусной кислотой из почвы и растений [2]. Установленные уровни содержания (С) элементов питания в почве с помощью 2%-ной CH₃COOH можно пересчитать на стандартные методы по формулам Ю. И. Ермохина (1, 2):

$$N - NO_3 (\text{водная вытяжка}) = \frac{C_{N-NO_3} - 0,12}{1,24}; \quad (1)$$

$$P_2O_5 (\text{по Чирикову}) = \frac{C_{P_2O_5} + 0,48}{0,28}. \quad (2)$$

Данные результатов анализа почвенных образцов приведены в табл. 1.

При статистической обработке данных полевого опыта были построены математические модели (рис. 1, 2), позволяющие связать конечный результат (накопление нитратного азота и подвижного фосфора в почве) с действующими величинами (дозами применяемых удобрений). На существующую связь между $N - NO_3$ и P_2O_5 (X, мг/100 г) и урожаем (Y, т/га) указывают коэффициенты корреляции ($r = 0,99$).

Математическая обработка данных, полученных в полевых опытах с удобрениями за три года, и химического анализа почвы позволила установить, а затем выразить через уравнения регрессии зависимости содержания нитратного азота (Y_N) и подвижного фосфора (Y_P) в слое почвы 0–30 см от доз вносимых в почву азотных и фосфорных удобрений.

По годам исследований коэффициенты корреляции между дозами и содержанием азота и фосфора в почве составили от 0,95 до 0,99 для азота и 0,99 для фосфора. В среднем за годы исследований данная связь характеризуется уравнениями (3–4):

$$YN - NO_3 = 0,0239 X_1 + 2,32 \\ r = 0,99, \quad «b_N» = 0,024 \quad (3)$$

$$YP_2O_5 = 0,0309 X_2 + 5,0 \\ r = 0,99, \quad «b_P» = 0,031 \quad (4)$$

Из уравнений (3–4) следует, что применение каждого килограмма азотных и фосфорных удобрений (д.в./га) повышает содержание $N - NO_3$ и P_2O_5 в слое почвы 0–30 см на 0,024 мг/100г и 0,031 мг/100 г (2%-ная CH₃COOH вытяжка) и, соответственно, на 0,019 и 0,11 мг/100г (стандартный метод определения — водная и 0,5Н CH₃COOH вытяжка по Чирикову).

**Влияние доз азотных и фосфорных удобрений
на содержание нитратного азота и подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см**

Таблица 1

Варианты	Полевые опыты				Полевые опыты			
	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.
	2%-ная CH ₃ COOH вытяжка				Водная вытяжка			
N – NO ₃ в слое почвы 0 – 30 см, мг/100 г								
Контроль	2,18	2,75	2,21	2,38	1,66	2,12	1,68	1,82
P ₃₀ K ₃₀	2,27	2,60	2,19	2,35	1,73	2,0	1,67	1,80
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,87	3,36	2,81	3,01	2,21	2,61	2,17	2,33
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	3,47	3,88	3,62	3,65	2,70	3,03	2,82	2,85
N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	4,93	4,48	4,28	4,56	3,88	3,51	3,35	3,58
	2%-ная CH ₃ COOH вытяжка				Стандартный метод			
P ₂ O ₅ в слое почвы 0 – 30 см, мг/100 г								
Контроль	5,04	4,53	5,38	4,98	19,7	17,9	20,9	19,5
N ₃₀ K ₃₀	5,99	4,17	5,37	5,18	23,1	16,6	20,9	20,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,26	5,45	6,07	5,92	24,1	21,1	23,4	22,8
N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀	7,4	6,31	7,0	6,90	28,1	24,2	26,7	26,3
N ₃₀ P ₉₀ K ₃₀	8,28	7,2	7,76	7,74	31,2	27,4	29,4	29,3

**Влияние минеральных удобрений
на урожайность ярового голозерного ячменя**

Таблица 2

Вариант	Урожайность голозерного ячменя, т/га			
	Полевые опыты			
	1	2	3	Среднее
Контроль	2,98	3,12	3,03	3,04
$\text{P}_{30}\text{K}_{30}$	3,26	3,36	3,40	3,34
$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$	3,46	3,54	3,51	3,5
$\text{N}_{60}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$	3,6	3,63	3,49	3,57
$\text{N}_{90}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$	3,68	3,73	3,55	3,65
$\text{N}_{30}\text{K}_{30}$	3,2	3,23	3,27	3,23
$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$	3,46	3,54	3,51	3,5
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{30}$	3,71	3,78	3,64	3,71
$\text{N}_{30}\text{P}_{90}\text{K}_{30}$	3,96	3,99	3,89	3,94

Чтобы повысить содержание $\text{N}-\text{NO}_3$ и P_2O_5 в почве на 1 мг/100 г, используя экспресс-метод (2%-ную CH_3COOH вытяжку) необходимо внести, соответственно, 41 кг N и 32 кг P_2O_5 .

Влияние минеральных удобрений на урожайность ярового голозерного ячменя представлены в табл. 2.

На основе экспериментальных данных и статистического метода анализа исследуемой системы «почва – растение – удобрение» были построены математические модели, позволяющие связать конечный результат (урожайность зерна голозерного ячменя — Y_1 и Y_2) с действующими величинами (химическим анализом содержания нитратного азота (X_1 , мг/100 г), подвижного фосфора (X_2 , мг/100 г) в почве. В результате получены эмпирические уравнения регрессионного типа (уравнения 5–6, рис. 3, 4):

$$Y_1 = 0,25 X_1 + 2,57 \quad r = 0,75; \quad (5)$$

$$Y_2 = 0,25 X_2 + 1,98 \quad r = 0,99. \quad (6)$$

Исследования данной системы показали, что при содержании $\text{N}-\text{NO}_3$ и P_2O_5 в слое почвы 0–30 см от низкого до оптимального уровня наблюдается прямая зависимость формирования величины урожая голозерного ячменя.

Полученные на основе средних многолетних данных уравнения (5, 6) свидетельствуют о том, что при увеличении содержания $\text{N}-\text{NO}_3$ и P_2O_5 в почве в пределах оптимального уровня на 1 мг/100 г, урожайность зерна голозерного ячменя в среднем увеличивается на 0,25 т/га в обоих случаях.

Поэтому, зная химический состав почвы и отзывчивость культуры на удобрения в конкретных почвенных условиях, можно прогнозировать величину урожая с помощью математических моделей.

Полученные нами математические модели (формулы 3–4 и 5–6) позволяют связать нахождение в почве доступного азота и фосфора с дозами применяемых удобрений в основное внесение и величиной урожая голозерного ячменя.

Подставляя в уравнения (3, 4) лучшие дозы азота (30 кг/га) и фосфора (60 и 90 кг/га), а в уравне-

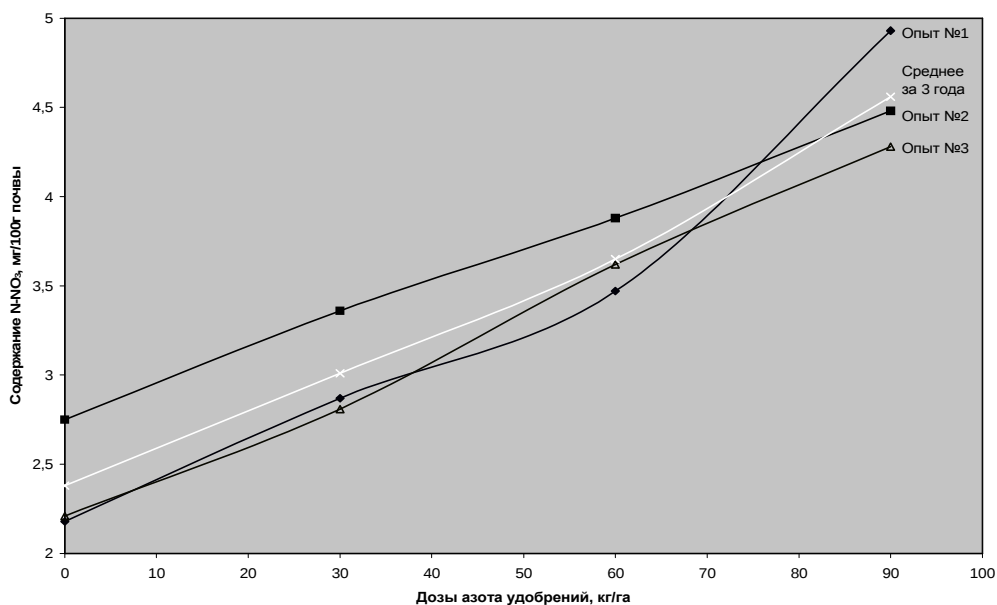


Рис. 1. Взаимосвязь между дозами азотных удобрений и содержанием нитратного азота в слое почвы 0–30 см

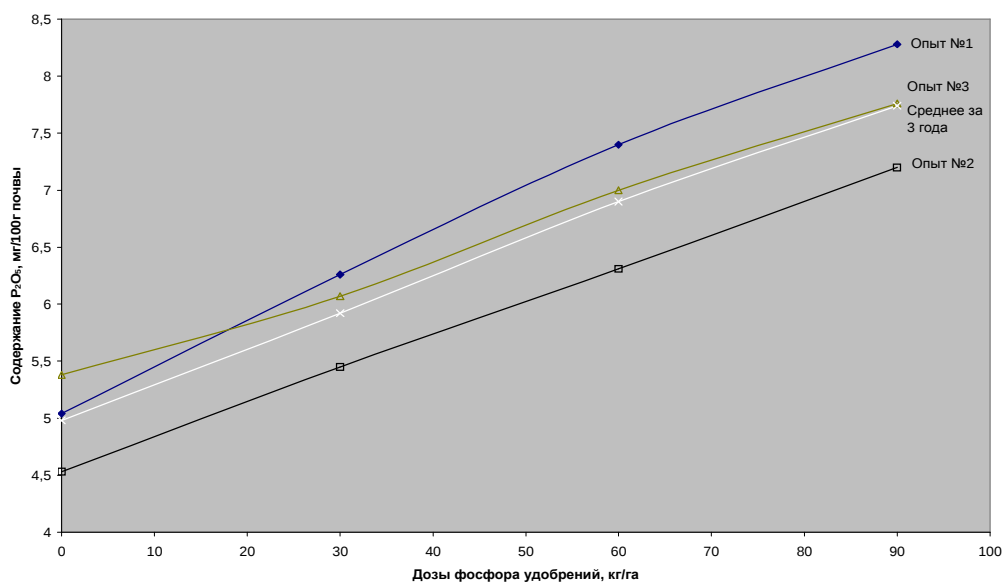


Рис. 2. Взаимосвязь между дозами фосфорных удобрений и содержанием подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см

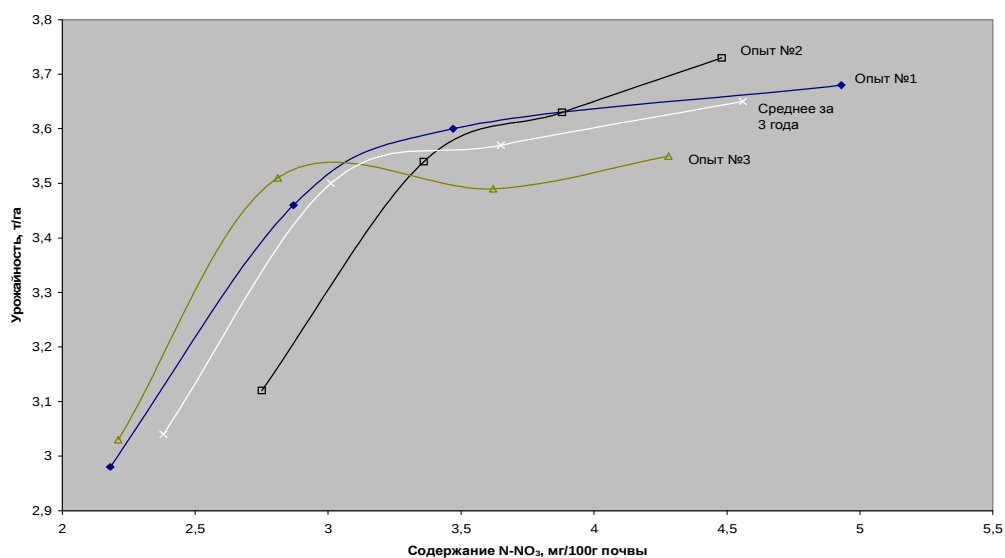


Рис. 3. Графическое изображение математической модели зависимости урожайности голозерного ячменя от содержания N-NO₃ в слое почвы 0–30 см

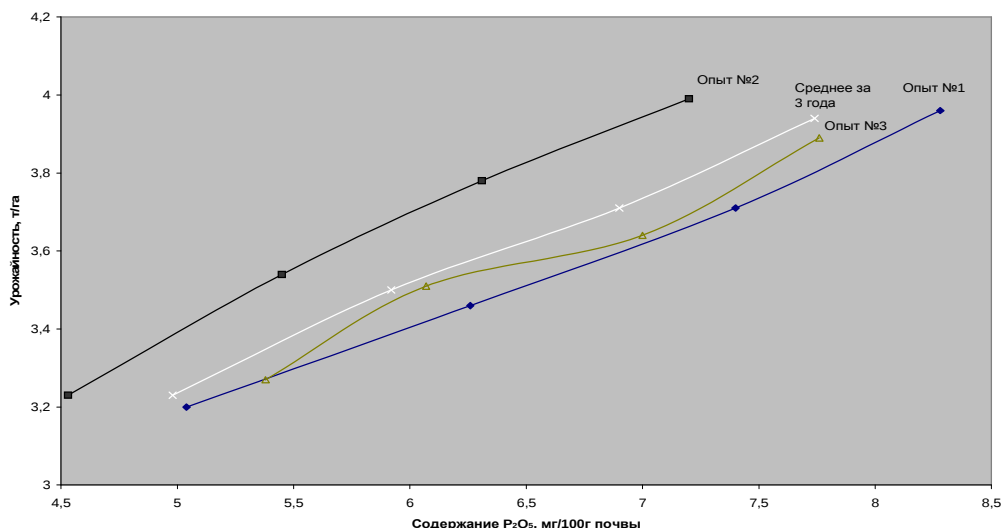


Рис. 4. Графическое изображение математической модели зависимости урожайности голозерного ячменя от содержания P_2O_5 в слое почвы 0–30 см

ния (7, 8) — полученные оптимальные уровни $N-NO_3$ и P_2O_5 в почве (мг/100г) мы спрогнозируем планируемые урожаи голозерного ячменя (уравнения 9, 10):

$$\begin{aligned} \text{уровень } N-NO_3 &= 0,024 \cdot 30 + 2,32 = \\ &= 3,04 \approx 3,0 \text{ мг/100 г почвы;} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{уровень } P_2O_5 &= 0,031 \cdot (60 \text{ и } 90) + 5,0 = 6,86 \\ &\text{и } 7,79 \approx 7,32 \text{ мг/100 г почвы;} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{уровень } У_{т/га} &= 0,25 \cdot 3,0(N-NO_3) + 2,57 = \\ &= 3,32 \text{ (факт. } 3,3 \text{ т/га);} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{уровень } У_{т/га} &= 0,25 \cdot 7,32(P_2O_5) + 1,98 = \\ &= 3,81 \text{ (факт. } 3,8 \text{ т/га).} \end{aligned} \quad (10)$$

При определении содержания $N-NO_3$ и P_2O_5 в почве стандартными методами (водная и 0,5Н CH_3COOH вытяжки), согласно уравнениям (1–2) оптимальные уровни составят: $N-NO_3$ — 2,3 мг/100 г и P_2O_5 — 28 мг/100 г почвы.

Уравнения (7–8) показывают, что на одну часть нитратного азота должно приходиться подвижного фосфора 2,4 частей (2%-ная CH_3COOH вытяжка) или около 9 частей (0,5Н CH_3COOH — метод Чирикова).

Таким образом, из установленных оптимальных ($Э_0$, мг/100 г) и фактических ($Э_ф$, мг/100 г) параметров химического состава почвы, коэффициентов интенсивности действия азотных ($b_N = 0,024$ мг/100 г почвы) и фосфорных ($b_P = 0,031$ мг/100 г почвы) удобрений на химический состав почвы (уравнения 3–4) предлагаются формулы расчета доз удобрений (11–14) под голозерный ячмень, в кг д.в./га:

$$A_N = (Э_0 - Э_ф) / 0,024; \quad (11)$$

$$A_P = (Э_0 - Э_ф) / 0,031; \quad (12)$$

или

$$A_N = (Э_0 - Э_ф) \cdot 41; \quad (13)$$

$$A_P = (Э_0 - Э_ф) \cdot 32. \quad (14)$$

Разработанные математические модели связи в системе «почва–растение–удобрение» позволяют прогнозировать действие расчетных доз азотно-фосфорных удобрений на урожайность голозерного ячменя с учетом оптимальных, а также фактических, агрохимических параметров и соотношения $N-NO_3$ и P_2O_5 в слое почвы 0–30 см, что дает возможность агроному-агрохимику подняться от простого эмпиризма с удобрениями на уровень научного прогнозирования действия удобрений на почву и растение.

Библиографический список

- Ермохин, Ю. И. Почвенная диагностика обеспеченности растений макро- и микроэлементами на черноземах Западной Сибири : учеб. пособие / Ю. И. Ермохин. — Омск : Изд-во ОмГАУ, 2005. — 92 с.
- Ермохин, Ю. И. Экспресс-методы химической диагностики потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях : учеб. пособие / Ю. И. Ермохин. — Омск : Вариант-Омск, 2010. — 120 с.

ЕРМОХИН Юрий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), профессор кафедры агрохимии, заслуженный деятель науки РФ, академик Международной и Российской академий аграрного образования.

ОБУХОВ Владимир Николаевич, аспирант кафедры агрохимии.

Адрес для переписки: Cvobodny55@mail.ru

Статья поступила в редакцию 27.12.2011 г.

© Ю. И. Ермохин, В. Н. Обухов

РЕАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ДОЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ УДОБРЕНИЙ С ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПУСТЫРНИКА ПЯТИЛОПАСТНОГО

Выявлены реальные и практические связи по азоту и фосфору в системе почва — удобрения. Проведено изучение действия удобрений через почву на пустырник пятилопастный (*Leonurus quinquelobatus* Gilib).

Ключевые слова: полевой опыт, оптимальные уровни, азотные удобрения.

В агрохимии наряду с методами полевого опыта с удобрениями часто используют и другие методы диагностики. Определение содержания питательных веществ в почве на сегодня самый распространенный метод диагностики потребности растений в удобрениях. Он широко применяется у нас в стране и за рубежом [1, 2].

С помощью данных химического анализа почвы можно прогнозировать эффективность применения минеральных удобрений. По сравнению с полевыми исследованиями почвенные методы диагностики просты в исполнении и, кроме того, позволяют исследователю сделать перед посевом прогноз потребности растений в удобрениях.

Однако для целей диагностики потребности растений в удобрениях следует выявить зависимость содержания нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве от доз применяемых удобрений. Именно коэффициенты интенсивности действия минеральных удобрений на химический состав почвы являются реальным и практическим показателем связи в системе почва — удобрение.

В своей работе с культурой пустырника пятилопастного мы изучали содержание подвижных форм элементов питания в слое почвы 0—30 см в период весеннего отрастания и в основные фазы развития пустырника. Использовали 2%-ную CH_3COOH вытяжку для определения в одной вытяжке $\text{N}-\text{NO}_3$, P_2O_5 и K_2O [3].

В среднем за годы исследований с пустырником при внесении каждого кг азотных удобрений в 2010 г. в дозах 16, 32, 49 кг д.в./га на фоне $\text{P}_{54}\text{K}_{17}$ коэффициент интенсивности действия азота удобрений («b») на содержание нитратного азота в слое почвы 0—30 см составил 0,025 мг/100 г, или 0,25 мг/кг почвы. Следовательно, для повышения содержания нитратного азота в почве до 1 мг/кг почвы требуется внести 4,0 кг N удобрений. Таким образом, 4,0 кг N удобрений эквивалентны 1 мг $\text{N}-\text{NO}_3$ /кг почвы ($r=0,99$).

Реальный и практический смысл показателей связи между $\text{N}-\text{NO}_3$ почвы в период отрастания

(в первый год — Y_1 и второй год Y_2) и применением доз азотных удобрений (X мг/100 г) характеризовался уравнениями 1—2:

$$2010 \text{ г. } Y_1 = 0,025x + 0,48; \quad r = 0,99; \quad (1)$$

$$2011 \text{ г. } Y_2 = 0,003x + 0,17; \quad r = 0,85. \quad (2)$$

В 2011 г. исследования интенсивности последствий азотных удобрений («b») на содержание $\text{N}-\text{NO}_3$ в почве составило 0,03 мг/кг, т.е. интенсивность последствий азотных удобрений на почву составляет первоначально 12 %, или ниже на 88 % ($r=0,85$). Отсюда можно сделать вывод о том, что для повышения содержания $\text{N}-\text{NO}_3$ на 1 мг/кг почвы требуется внести 33,3 кг N удобрений, что указывает на снижение коэффициента «b» интенсивности действия внесенных доз удобрений на почву во второй год роста и развития пустырника на лугово-черноземной почве.

Полевые опыты с азотными удобрениями показали, что во влажном 2011 г. почвы характеризовались очень низким уровнем содержания $\text{N}-\text{NO}_3$ в слое почвы 0—30 см и повышенным содержанием нитратного азота за корнеобитаемым 40 см слоем почвы (13,8 мг/кг почвы или 69 кг/га) вследствие промывания в нижние слои почвы.

Определение зависимости содержания $\text{N}-\text{NO}_3$ в системе почва — азотные удобрения в поздние фазы развития лекарственного растения пустырника (период цветения) показало, что удобрения, внесенные в 2010 г., имели коэффициент интенсивности действия «b» на почву 0,005 мг/100 г (0,05 мг/кг почвы), а в последствии (2011 г.) $b=0,003$ мг/100 г (0,03 мг/кг почвы). В этот период интенсивного роста и развития пустырника — 1 мг $\text{N}-\text{NO}_3$ /кг почвы эквивалентны 20,0 кг (2010 г.) и 33,3 кг (2011 г.) количества азота удобрений.

В период активного роста растений (фаза цветения) реальный показатель связи между $\text{N}-\text{NO}_3$ почвы и азотным удобрением, внесенном в 2010 г. и в период последствий, характеризовался уравнениями 3—4:

Таблица 1

Зависимость содержания подвижного фосфора в почве от доз вносимых удобрений

Год использования	Уравнение регрессии	b^t	Изменение «b»		
			К	%	
Первый	$Y_p = 0,028x + 3,23; r = 0,99$	0,028	1,0	100	(5)
Второй	$Y_p = 0,011x + 5,89; r = 0,65$	0,011	-2,54	-39,3	(6)

К — коэффициент снижения (–) или повышения (+) единицы внесенного удобрения на химический состав почвы («b») в зависимости от действия, последствия и года использования пустырника пятилопастного.

$$2010 \text{ г. } Y_1 = 0,005x + 0,32; r = 0,86; \quad (3)$$

$$2011 \text{ г. } Y_2 = 0,003x + 0,05; r = 0,97. \quad (4)$$

Как видим из проведенных исследований, реальный показатель связи по азоту в системе почва — удобрения имеет практический смысл в разработке гибкой системы применения азотных удобрений в зависимости от возделываемой культуры, сроков внесения азотных удобрений и погодных условий года.

Математическая обработка полученных опытных данных за годы исследований (2010 — 2011 гг.) дала возможность установить, а затем математически смоделировать через уравнения регрессии зависимости содержания подвижного фосфора (Y_p) в слое почвы 0 — 30 см от доз вносимых фосфорных удобрений (табл. 1).

Из уравнений (5 — 6) следует, что действие фосфорных удобрений на химический состав почвы зависит от года возделывания культуры. Согласно коэффициентам «b» интенсивности действия фосфорных удобрений 1 мг P_2O_5 /кг почвы эквивалентен 3,6 кг фосфорных удобрений в первый год действия и 9,1 кг P_2O_5 фосфорных удобрений во второй год роста и развития пустырника (т.е. коэффициент «b» снизился на 39,3 % (уравнения 5 и 6)).

Для диагностирования азотно-фосфорного питания пустырника пятилопастного и в дальнейшем расчета доз применяемых удобрений наибольший интерес представляют уравнения 1 — 6.

Таким образом, полученные нормативные количественные характеристики (« b_N » = 0,25 мг/кг; « $b_{P_2O_5}$ » = 0,28 мг/кг) позволяют определить, насколько повысится запас доступных питательных веществ в лугово-черноземной почве C_3 при внесении конкретных доз удобрений (формула 7) при расчете планируемых урожаев по химическому составу почвы:

$$C_3 = \Delta \text{ кг/га} \cdot b + C_n \text{ мг/кг}, \quad (7)$$

где C_3 мг/кг и C_n мг/кг — содержание элементов питания в почве после внесения удобрений (C_3 , мг/кг) и начальное до применения удобрений (C_n , мг/кг); Δ — доза применяемого азота, фосфора, кг/га; «b» — коэффициент интенсивности действия единицы внесенного удобрения на содержание этих элементов в почве, мг/кг.

В исследовании были установлены количественные характеристики эквивалентности 1 мг N — NO_3 , P_2O_5 /кг почвы 4,0 кг по азоту, 3,6 по фосфору удобрений. Отсюда, зная оптимальные уровни содержания в почве для конкретных урожаев пустырника нитратного азота ($C_{\text{опт. N-NO}_3}$), подвижного фосфора ($C_{\text{опт. P}_2O_5}$), расчет доз удобрений (Δ , кг/га) может быть выполнен по следующим формулам 8 — 11:

$$\text{азота: } \Delta_N = (C_{\text{опт.}} - C_{\text{фак.}}) \cdot 4,0, \text{ кг/га}, \quad (8)$$

$$\text{или } \Delta_N = (C_{\text{опт.}} - C_{\text{фак.}}) / 0,25, \text{ кг/га}, \quad (9)$$

$$\text{фосфора: } \Delta_{P_2O_5} = (C_{\text{опт.}} - C_{\text{фак.}}) \cdot 3,6, \text{ кг/га}, \quad (10)$$

$$\text{или } \Delta_{P_2O_5} = (C_{\text{опт.}} - C_{\text{фак.}}) / 0,28, \text{ кг/га}. \quad (11)$$

Данная методика расчета доз удобрений хорошо зарекомендовала себя при удобрении ряда овощных, зерновых, кормовых и лекарственных культур в производственных условиях Западной Сибири и Северного Казахстана. Установление реальных показателей связи в виде количественных характеристик между химическим составом почвы и применением удобрений имеет практический смысл в разработке гибкой системы применения удобрений под конкретную культуру [4].

Учитывая биологию культуры, ее периоды питания (критический и максимальный) можно заметить, что потребность в питательных веществах с возрастом у растений увеличивается. Следовательно, основная задача заключается в установлении оптимальных уровней N — NO_3 , P_2O_5 в почве до посева с учетом возрастных изменений растительного организма и фактически сложившегося баланса химических элементов в почве.

Библиографический список

- Афендулов, К. П. Удобрения под планируемый урожай / К. П. Афендулов, А. И. Лантухова. — М.: Колос, 1973. — С. 240.
- Бергман, В. Анализ почв и применение удобрений / В. Бергман, А. Гютер, В. Виттер. — М.: Колос, 1969. — С. 113.
- Ермохин, Ю. И. Почвенная диагностика обеспеченности растений макро- и микроэлементами на черноземах Западной Сибири: учеб. пособие / Ю. И. Ермохин. — Омск: Изд-во ОмГАУ, 2005. — С. 92.
- Кочергин, А. Е. Дозы удобрений на планируемую урожайность / А. Е. Кочергин, А. Х. Кольцов // Урал. Нивы. — 1981. — № 10. — С. 24 — 26.

ЕРМОХИН Юрий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), профессор кафедры агрохимии, заслуженный деятель науки РФ, академик Международной и Российской академий аграрного образования.

ТРУБИНА Надежда Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), доцент кафедры агрохимии.

ШОЙКИН Олжас Даулетжанович, аспирант кафедры агрохимии.

Адрес для переписки: olshashoykin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 06.03.2012 г.

© Ю. И. Ермохин, Н. К. Трубина, О. Д. Шойкин

УСТАНОВЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ И СОЧЕТАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ПУСТЫРНИК ПЯТИЛОПАСТНЫЙ (*LEONURUS QUINQUELOBATUS* GILIB)

Проведено изучение действия удобрений на пустырник пятилопастный (*Leonurus quinquelobatus* Gilib). Выявлены взаимосвязи между общей биомассой растений и дозами применяемых удобрений, а также установлены оптимальные для пустырника пятилопастного уровни содержания и соотношения элементов питания в растениях.

Ключевые слова: пустырник пятилопастный (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), элементы питания.

Общий уровень почвенного плодородия может быть оценен урожаями, полученными в данных условиях в предыдущие годы без применения удобрений. Как указывает З. И. Журбицкий [1], можно предположить, что в любом году почвенными запасами питательных элементов может быть обеспечен равный урожай и, следовательно, дозы удобрений должны рассчитываться только на получение планируемой прибавки урожая. При этом необходимо учесть, что соотношение питательных элементов в почве может резко отличаться от соотношения, нужного для выращивания пустырника пятилопастного. Поэтому нужно найти наиболее оптимальное соотношение питательных элементов в удобрительных смесях, чтобы изменить количество и соотношение между элементами питания в почве, на которой выращивается пустырник. В этом случае и в настоящее время полевой опыт является основным критерием определения доз удобрений. М. Пикалов указывает [2], что для оценки правильного сочетания питательных веществ в удобрительных смесях весьма важно установить взаимозависимость между урожаями удобрённых вариантов опыта.

На основании опытов применения удобрения выдвигается положение о том, что при средних и среднеповышенных дозах (если в них создано приблизительно оптимальное сочетание питательных веществ), урожаи находятся в прямой зависимости от совместного действия питательных веществ почв и удобрений. Сумма питательных элементов почвы и внесённых удобрений характеризует баланс элементов питания, выражены в кг азота, фосфора и калия на гектар. Урожай пустырника пятилопастного, полученный в опытах или на производственных полях без применения удобрений, характеризует уровень питательных веществ почвы. А полученный запланированный урожай от применения минеральных удобрений характеризует сумму питательных элементов почвы и удобрений.

Следовательно, прибавка, полученная от применения удобрений, характеризует уровень питательных элементов, внесённых с удобрениями.

Таким образом, зная наивысший урожай пустырника, полученный при оптимальных дозах удобрений, мы можем определить уровень азота, фосфора и калия в контроле (без применения удобрений) и в вариантах с применением других доз и соотношений минеральных удобрений.

Для установления наиболее эффективных доз и сочетаний минеральных удобрений нужно иметь две величины, характеризующие питание пустырника пятилопастного с количественной и качественной стороны — баланс элементов или сумму $N + P_2O_5 + K_2O$ почвы и удобрений (S)¹ и относительное содержание азота, фосфора и калия в сумме питательных элементов почвы и удобрений (V)². Данная (V) рассчитывается по следующей формуле 1:

$$\%V = \frac{X}{S} \cdot 100, \quad (1)$$

где X — один из трех элементов;

S — сумма $N + P_2O_5 + K_2O$ почвы и внесённых удобрений.

Так, из данных табл. 1 видно, что наивысший урожай пустырника на лугово-черноземной почве был получен при применении полного минерального удобрения: азота — 60 кг, фосфора — 30 кг, калия — 30 кг действующего вещества на гектар.

Следовательно, наибольшая прибавка, равная 10,1 т/га (41,1 т/га — 31,3 т/га = 10,1 т/га), была получена за счет внесения наиболее оптимальных доз и сочетаний удобрений — $N_{60}P_{30}K_{30}$. Мы рассматриваем минеральное питание в этом случае наиболее сбалансированным.

Отсюда делаем вывод: если баланс элементов питания («уровень питания» по М. Пикалову) на создание прибавки урожая 10,1 т/га составил $N_{60}P_{30}K_{30}$,

Установление наиболее эффективных доз и сочетания удобрений под пустырьник пятилопастный (*Leonurus quinquelobatus* Gilib)

Варианты опыта	Урожай, т/га	Уровни, кг/га			S N + P + K кг/га	Соотношение			Характер питания			S опт. — факт.	Доза удобрений кг д.в./га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P	K	N	P	K		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
O	31,3	185	93	93	371	50	25	25	+	+	+	120	60	30	30
P ₃₀ K ₃₀	34,6	185	123	123	431	43	28	29	+	—	—	60	60	—	—
N ₃₀ P ₃₀	38,6	215	123	93	431	49	29	22	+	—	+	60	30	—	30
N ₃₀ K ₃₀	38,7	215	93	123	431	49	23	28	+	+	—	60	30	30	—
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	40,2	215	123	123	461	48	26	26	+	—	—	30	30	—	—
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	41,4	245	123	123	491	50	25	25	—	—	—	0	—	—	—
N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	39,9	275	123	123	521	52	24	24	—	+	+	—30	—	15	15
N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀	40,5	215	153	123	491	44	31	25	+	—	—	30	30	—	—
N ₃₀ P ₉₀ K ₃₀	39,2	215	183	123	521	40	35	25	+	—	—	30	30	—	—
N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀	39,6	215	123	153	491	44	25	31	+	—	—	30	30	—	—

то для создания урожая пустырника пятилопастного в контроле (без удобрения) в 31,3 т/га баланс элементов питания будет во столько раз больше, во сколько раз величина урожая, полученная без удобрения, будет превышать величину прибавки. Исходя из этого, подсчитаем баланс элементов питания контроля (уровни питания — УПК).

$$\text{УПК}_N = \frac{31,3 \cdot 60}{10,1} = 185 \text{ кг N}; \quad (2)$$

$$\text{УПК}_P = \frac{31,3 \cdot 30}{10,1} = 93 \text{ кг P}_2\text{O}_5; \quad (3)$$

$$\text{УПК}_K = \frac{31,3 \cdot 30}{10,1} = 93 \text{ кг K}_2\text{O}. \quad (4)$$

Зная уровни питания азота, фосфора, калия на поле без применения минеральных удобрений (в нашем случае в контроле), мы подсчитываем уровни НРК для варианта с наиболее уравновешенным питанием (в нашем случае для N₆₀P₃₀K₃₀) — УУП:

$$\text{УУП}_N = \text{УПК}_N + N_{60} = 185 + 60 = 245 \text{ кг/га}; \quad (5)$$

$$\text{УУП}_P = \text{УПК}_P + P_{30} = 93 + 30 = 123 \text{ кг/га}; \quad (6)$$

$$\text{УУП}_K = \text{УПК}_K + K_{30} = 93 + 30 = 123 \text{ кг/га}. \quad (7)$$

Теперь следует определить баланс элементов питания (S) и соотношение между элементами питания в наиболее урожайном варианте (V):

$$S \text{ кг/га} = N + P_2O_5 + K_2O = 245 \text{ кг} + 123 \text{ кг} + 123 \text{ кг} = 491 \text{ кг/га},$$

$$\%V_N = \frac{N}{S} \cdot 100 = \frac{245}{491} \cdot 100 = 50 \%, \quad (8)$$

$$\%V_P = \frac{P_2O_5}{S} \cdot 100 = \frac{123}{491} \cdot 100 = 25 \%, \quad (9)$$

$$\%V_K = \frac{K_2O}{S} \cdot 100 = \frac{123}{491} \cdot 100 = 25 \%. \quad (10)$$

Взяв за основу эти показатели баланса питательных элементов («уровней питания») в применении их к данным табл. 1, можно точно прогнозировать

действие того или иного удобрения на величину урожая.

Из баланса питательных элементов (S), взятых за оптимальный уровень (431 т/га), вычитаем сумму НРК любого варианта, характеризующего баланс питательных веществ в данный момент и, согласно V (оптимального и фактического соотношения N, P, K), определяем дозу азота, фосфора и калия. Так, например, при внесении N₃₀P₃₀K₃₀ урожай пустырника составил 38,7 т/га. Сумма азота, фосфора и калия в этом варианте (S) равна 4 кг/га, соотношение, характеризующее качество питания, составляет: по азоту 49 %, по фосфору 23 % и по калию 28 %.

Делаем вывод, что в данном случае растение плохо обеспечено азотом, фосфором и хорошо калием. Рассчитываем дозу: S_{опт.} — S_{факт.} = 491 — 431 = 60 кг/га. Требуется внести по 30 кг азота и фосфора. Из табл. 1 видим, что внесение данных доз (вариант N₆₀P₃₀K₃₀) повысило урожай пустырника пятилопастного до 41,4 т/га (прибавка 2,7 т/га).

Такие расчеты были выполнены и по всем вариантам опыта с удобрениями. Ранее расчеты по установлению наиболее эффективных доз и сочетаний удобрений проводили и по другим культурам, которые подтверждались опытами в условиях производства [3].

Анализируя приведенные опытные данные и расчеты, мы можем сказать, что подход с этих позиций к опытам с минеральными удобрениями позволяет сделать правильные выводы, которые обычно делаются по «методу единственного различия». Ряд авторов [2, 3] характеризуют данный метод подхода к выявлению наиболее эффективных доз и сочетаний удобрений как наиболее наглядный и количественно обоснованный. Предложенный метод вычисления (уточнения) доз и сочетания минеральных удобрений является простым и доступным для агрономов, агрохимиков и др. специалистов сельскохозяйственного профиля.

Примечания

¹ Интенсивность питания (S) равна 491 кг.

² За оптимальное соотношение (V) взято: азота — 50 %, фосфора — 25 %, калия — 25 %.

1. Журбицкий, З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З. И. Журбицкий. — М., 1963. — 294 с.
2. Составление агрохимических картограмм и расчет доз удобрений под сельскохозяйственные культуры / М. Пикалов [и др.] // Опыт применения удобрений в Алтайском крае. — Барнаул : Алт. книжн. изд-во, 1964. — 362 с.
3. Ермохин, Ю. И. Установление эффективных доз и сочетаний минеральных удобрений под ранний картофель / Ю. И. Ермохин, Н. Н. Забаева // Науч. тр. ОмСХИ. — Омск : ОмСХИ, 1970. — Т. 87. — С. 75–79.

ЕРМОХИН Юрий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), профессор кафедры агрохимии, заслуженный деятель науки РФ, академик Международной и Российской академий аграрного образования.

ШОЙКИН Олжас Даулетжанович, аспирант кафедры агрохимии.

Адрес для переписки: olshashoykin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.12.2011 г.

© Ю. И. Ермохин, О. Д. Шойкин

УДК 633.031

В. П. КАЗАНЦЕВ

Тарский филиал
Омского государственного аграрного
университета им. П. А. Столыпина

ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ ПРИ СЕНОКОСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Представлены результаты исследований по изменению продуктивности многолетних бобовых трав за шесть лет сенокосного использования травостоя. Установлено преимущество по урожайности зеленой массы, сухого вещества, кормовых единиц и обменной энергии козлятника восточного на протяжении 6 лет по сравнению с изученными травами. Люцерна высокую продуктивность и экономическую эффективность обеспечивает при трехлетнем, клевер луговой — при двухлетнем и донник желтый — при одногодичном сенокосном использовании.

Ключевые слова: клевер, люцерна, донник, козлятник, продуктивность, рентабельность.

Введение. В настоящее время основной проблемой кормопроизводства остается повышение производства растительного белка, дефицит которого составляет 15–20 г на одну кормовую единицу и более [1]. Одним из путей решения этой проблемы является расширение посевов многолетних бобовых трав и бобово-мятликовых смесей.

При составлении травосмесей долголетнего пользования за основу должны приниматься ведущие виды бобовых трав, наиболее долголетние и устойчивые при использовании: они обычно в первые годы развиваются медленнее, чем травы малой продолжительности жизни, поэтому к ним необходимо подключать травы меньшего долголетия, чтобы обеспечивать высокий урожай в первые годы пользования и взаимозаменять друг друга в годы с различными погодными условиями.

Важнейшие бобовые травы зоны — это клевер луговой, люцерна, донник желтый и козлятник восточный.

Цель исследований — разработать основные приемы формирования высокопродуктивных травостоев многолетних трав, обеспечивающих высокое качества корма. В задачу исследований входило изучить особенности роста и развития основных бобо-

вых трав для сенокосного использования в нечерноземной полосе Западной Сибири.

Объекты и методы. Исследования выполнены в нечерноземной зоне Омской области в типичных для Западной Сибири условиях. Нечерноземная полоса занимает 94 % территории Томской, 30 — Тюменской, 25 — Омской и 10 % — Новосибирской областей и представляет собой низменность расчлененную речными долинами. Среднее количество осадков составляет 400–450 мм в год, из них более половины выпадает с мая по сентябрь. Для зоны характерны суровая холодная зима, теплое непродолжительное лето, короткие весна и осень, короткий безморозный период, резкие колебания температур в течение суток. К отрицательным явлениям климата также относится медленное прогревание почвы весной и раннее похолодание. Вегетационный период составляет 115–120 дней, что на 30–35 дней короче, чем в европейской части Нечерноземья.

Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми, серыми лесными и болотными почвами. Серые лесные почвы приурочены к равнинам, среднесуглинистые с содержанием гумуса 3–4 %, доступных форм фосфора и калия 5–10 мг/100 г почвы и слабокислой реакцией почвенного раствора.

Урожайность многолетних бобовых трав, т/га

Таблица 1

Вариант	Год пользования травостоем						
	первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	среднее
Зеленая масса							
Козлятник восточный	18,8	25,5	28,4	27,1	22,0	25,4	24,5
Люцерна	20,8	26,6	26,8	18,2	10,5	11,1	19,0
Клевер луговой	30,3	29,9	14,4	9,4	5,0	5,1	15,7
Донник желтый	28,0	17,1	10,0	9,6	4,7	4,27	12,2
Сухое вещество							
Козлятник восточный	3,76	5,35	5,68	6,76	4,79	5,61	5,32
Люцерна	4,99	6,10	6,16	4,56	2,51	2,68	4,50
Клевер луговой	6,66	6,73	3,31	2,32	1,17	1,22	3,57
Донник желтый	7,00	4,10	4,00	2,36	1,10	1,00	3,26
Козлятник восточный	0,80	0,83	0,61	0,31	0,19	0,26	0,51

Продуктивность многолетних бобовых трав

Таблица 2

Вариант	Год пользования травостоем						
	первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	среднее
Кормовые единицы, т/га							
Козлятник восточный	2,33	3,31	3,52	4,46	3,16	3,53	3,38
Люцерна	3,04	3,72	3,75	2,91	1,63	1,63	2,78
Клевер луговой	4,12	4,10	2,01	1,50	0,75	0,69	2,19
Донник желтый	4,06	2,38	2,32	1,48	0,70	0,58	1,92
Переваримый протеин, т/га							
Козлятник восточный	0,45	0,64	0,68	0,95	0,67	0,73	0,76
Люцерна	0,59	0,73	0,74	0,56	0,41	0,32	0,59
Клевер луговой	0,66	0,67	0,33	0,28	0,14	0,11	0,36
Донник желтый	0,70	0,41	0,40	0,28	0,13	0,10	0,34
Обменная энергия, гДж/га							
Козлятник восточный	37,0	53,5	56,0	67,6	46,9	54,4	52,5
Люцерна	49,0	61,0	61,0	43,3	24,3	25,9	44,1
Клевер луговой	66,0	67,1	33,0	23,2	11,3	10,9	35,2
Донник желтый	70,0	41,0	40,0	23,8	10,7	9,7	32,5

В основу исследований положены методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [2].

Исследования проведены на опытном поле СибНИИСХ СО РАСХН (г.Тара).

Повторность в опытах 4-кратная, учетная площадь делянки 50 м². В опытах используются районированные сорта многолетних трав: клевер луговой — Тарский местный; донник желтый — Омский скороспелый; люцерна — Омская 7; козлятник восточный — Горноалтайский 87.

Почвы под опытами серые лесные с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. В пахотном слое 3,34 % гумуса, 0,162 % общего азота и 0,12 % валового фосфора. Реакция почвенного раствора слабокислая (РН солевое — 5,2).

Погодные условия в годы исследований различались по теплу и влагообеспеченности, что существенным образом отражалось на росте и развитии растений. Вегетационный период 2006 года был сравнительно теплым с недобором осадков, в 2007 году отмечалось повышенное увлажнение при теплой погоде,

период вегетации растений в 2008 году проходил при средних показателях температуры воздуха и осадков. Вегетационный период 2009 года отличался повышенным увлажнением в мае, июне, июле, сентябре при температуре воздуха, близкой к среднему многолетним данным, в 2010 году осадки выпадали неравномерно в течение лета при средних показателях температуры воздуха.

Результаты и их обсуждение. Исследования с многолетними бобовыми травами показали, что независимо от года пользования травостоем весной первым отрастает козлятник восточный (1–5 мая), клевер луговой и люцерна синегрибная отрастают 3–10 мая и донник желтый 5–12 мая. При этом фазы начала цветения козлятник восточный достигает через 40–47 суток после весеннего отрастания, донник — через 50–60 суток, люцерна — через 55–65 суток и клевер луговой — через 65–75 суток.

Травостой клевера лугового в первые два года пользования формируется за счет бобового компонента, затем начиная с третьего года выпадает и снижает участие в травостое до 7,0–8,0 %.

Таблица 3

Химический состав многолетних бобовых трав

Вариант	Фаза вегетации	В абсолютно сухом веществе, %					
		сырой протеин	жир	клетчатка	зола	кальций	фосфор
Козлятник восточный	Бутонизация	24,1	3,9	28,0	14,4	2,4	0,5
	Начало цветения	21,0	3,8	32,1	9,9	2,0	0,4
	Цветение	17,3	3,5	34,4	8,3	1,9	0,2
Люцерна	Бутонизация	23,1	2,5	23,7	14,6	2,4	0,5
	Начало цветения	16,7	2,0	33,5	10,0	2,0	0,2
	Цветение	13,1	2,7	32,0	10,6	1,6	0,2
Клевер луговой	Бутонизация	24,4	2,1	27,4	15,5	2,4	0,6
	Начало цветения	17,5	2,6	32,3	9,5	1,5	0,4
	Цветение	13,4	2,3	34,6	8,9	0,7	0,3
Донник желтый	Бутонизация	12,0	4,2	28,1	10,2	2,4	0,6
	Начало цветения	18,0	4,2	34,1	10,1	2,1	0,3
	Цветение	13,0	4,6	35,0	8,6	1,9	0,2

Таблица 4

Экономическая эффективность возделывания многолетних бобовых трав

Вариант	Год пользования травостоем						
	первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	среднее
Себестоимость 1 т кормовых единиц, тыс. руб.							
Козлятник восточный	2,47	2,52	2,46	2,18	1,35	2,44	2,23
Люцерна	2,29	2,39	2,38	2,52	1,72	3,36	2,44
Клевер луговой	2,10	2,12	2,64	2,88	2,26	4,52	2,75
Донник желтый	2,21	2,35	2,37	2,60	2,22	4,31	2,67
Рентабельность, %							
Козлятник восточный	61	58	67	82	196	64	87
Люцерна	73	67	67	58	133	19	69
Клевер луговой	90	87	51	38	76	—	57
Донник желтый	80	70	68	53	79	—	58

Донник желтый основу травостоя формирует только в первый год пользования травостоем, а люцерна сохраняет высокое участие в травостое до пятого года пользования — 34,7 %, козлятник восточный на протяжении шести лет пользования составляет основу травостоя (80—96,0 %).

Учет урожая бобовых трав по годам пользования травостоем показал, что донник высокую урожайность зеленой массы и сухого вещества формирует только в первый год (табл. 1).

Клевер луговой продуцирует два года, люцерна — три года, затем травы резко снижают урожайность за счет выпадения из травостоя и замещения их мятликом луговым. Травостой козлятника восточного на протяжении шести лет пользования не снизил урожайности.

В результате определения продуктивности установлено, что самый высокий выход кормовых единиц с 1 га посева обеспечивает козлятник восточный — 3,38 т/га, в среднем за шесть лет использования травостоя, на втором месте люцерна — 2,78 т/га, затем следуют клевер луговой — 2,19 и донник желтый — 1,92 т/га (табл. 2).

Аналогичная закономерность установлена и по выходу с 1 га посева переваримого протеина и обменной энергии. Наблюдения за ростом бобовых рас-

тений показали, что высокорослый стеблестой формирует козлятник восточный — 111,5 см в среднем за шесть лет наблюдений.

Все травы обладали высокой облиственностью 37,9—39,4 % за исключением донника желтого, у которого облиственность составила 31,9 %.

Биохимический анализ зеленой массы бобовых растений показал их высокую питательность, которая зависит от фазы уборки растений. Установлено, что наибольшая обеспеченность растений сыры протеином, золой, зольными элементами и наименьшим содержанием клетчатки в период их бутонизации. По мере старения растений питательность их резко снижается. Так, если содержание сырого протеина в зеленой массе люцерны в период бутонизации составляет 23,1 % (в пересчете на сухое вещество), то в период полного цветения снижается до 13,1% это характерно и для других бобовых растений (табл. 3).

Бобовые травы отличаются высоким содержанием в зеленой массе макроэлементов, микроэлементов и аминокислот так необходимых для поддержания здоровья и высокой продуктивности животных.

Анализ экономической эффективности возделывания многолетних бобовых трав показал неоспоримое преимущество козлятника восточного перед

другими травами при их шестилетнем использовании. Условный чистый доход составил в среднем за 6 лет пользования 5,97 тыс. руб./га при себестоимости 1 т сухого вещества 1,41 тыс. руб., окупаемости затрат 187% и рентабельности 87 % (табл. 4).

Люцерна высокий экономический эффект обеспечивает при трех-четырёхлетнем использовании травостоя, клевер луговой при двухлетнем использовании и донник желтый при одногодичном использовании травостоя.

Заключение. Исследованиями установлено преимущество по урожайности зелёной массы, сухого вещества, кормовых единиц и обменной энергии козлятника восточного на протяжении шести лет пользования по сравнению с другими травами. Люцерна высокую продуктивность и экономическую эффективность обеспечивает при трёхлетнем, клевер — при двухлетнем и донник — при одногодичном сенокосном использовании.

УДК 631.5:633.11

Библиографический список

1. Кутузов, Г. П. Вайда красильная — перспективная кормовая культура / Г. П. Кутузов, К. И. Пименов // Кормопроизводство. — 2008. — № 9. — С. 11–12.
2. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю. К. Новоселов [и др.]. — М.: 1997. — 155 с.

КАЗАНЦЕВ Виктор Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (Россия), профессор кафедры растениеводства и земледелия.

Адрес для переписки: sibniish-tara@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 20.03.2012 г.

© В. П. Казанцев

**В. П. КАЗАНЦЕВ
Ю. П. ГРИГОРЬЕВ**

Тарский филиал
Омского государственного аграрного
университета им. П. А. Столыпина
Сибирский научно-исследовательский
институт сельского хозяйства, г. Омск

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЛОСЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Исследования, проведенные в нечерноземной полосе Западной Сибири показали, что более высокой урожайностью обладает сорт яровой пшеницы Тарская 6, обеспечивающий выход зерна с 1 га посева 1,76 т при посеве 10 мая. Наиболее оптимальная норма высева пшеницы 6 млн всхожих зерен на 1 га, при этом к уборке формируется 265 стеблей на 1 м² с урожайностью 2,65 т/га, себестоимости 1 т зерна 3,0 тыс. руб. и рентабельности 71 %.

Ключевые слова: пшеница, срок посева, урожайность, норма высева, рентабельность, окупаемость.

Введение. В последние годы всё более пристальное внимание в Западной Сибири уделяется пшенице. В первую очередь это связано с успехами сибирской селекции и появлением урожайных сортов с высоким качеством зерна. Однако реализация потенциала сорта в условиях производства в значительной степени зависит от особенностей применения технологий [1].

Задачей исследования является усовершенствование элементов технологии возделывания новых сортов яровой пшеницы в нечернозёмной полосе за счёт оптимизации сроков посева и норм высева.

Объекты и методы. Исследования выполнены в Омской области в типичных для Западной Сибири условиях. Нечернозёмная полоса представляет собой низменность, расчленённую речными долинами. Среднее количество осадков составляет 400–450 мм в год, из них более половины выпадает с мая по

сентябрь. Для зоны характерны суровая зима, теплое непродолжительное лето, короткие весна и осень, короткий безморозный период, резкие колебания температуры в течение суток. К отрицательным явлениям климата также относят медленное прогревание почвы весной и раннее похолодание осенью. Вегетационный период составляет 115–120 дней. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми, серыми лесными и болотными почвами.

Исследования проведены в период 2006–2010 гг. на опытном поле отдела северного земледелия СибНИИСХ, г. Тара, Омской области. Почвы под опытами серые лесные с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. В пахотном слое содержится 3,34 % гумуса, 0,162 % общего азота и 0,12 % валового фосфора. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН солевое — 5,2).

Влияние срока посева на формирование стеблестоя яровой пшеницы
(в среднем за 2006–2008 гг.)

Таблица 1

Срок посева	Сорт	Продолжительность периода, сутки		Кол-во стеблей в период всходов, шт./м ²	Кол-во стеблей перед уборкой, шт./м ²	Полнота всходов, %	Сохранность, %
		посев — всходы	всходы — созревание				
10 мая	Росинка	13	94	307	212	82,0	52,0
	Тарская 6	13	94	318	244	84,0	58,0
	Тарская 7	13	94	308	223	82,0	54,0
20 мая	Росинка	9	95	333	238	86,0	55,0
	Тарская 6	9	95	338	257	86,0	60,0
	Тарская 7	9	95	345	250	87,0	57,0
30 мая	Росинка	9	94	350	265	88,0	60,0
	Тарская 6	9	94	353	272	88,0	61,0
	Тарская 7	9	94	362	268	89,0	60,0

Таблица 2
Влияние срока посева на урожайность яровой пшеницы
(в среднем за 2006–2008 гг.), т/га

Срок посева	Сорт		
	Росинка	Тарская 6	Тарская 7
10 мая	1,70	1,78	1,63
20 мая	1,20	1,34	1,16
30 мая	1,14	1,18	1,07
НСР ₀₅	0,36	0,32	0,10

Погодные условия в годы исследований различались по тепло- и влагообеспеченности, что существенным образом отражалось на росте и развитии растений. Вегетационный период 2006 года был сравнительно тёплым с недобором осадков, в 2007 году отмечалось повышенное увлажнение при тёплой погоде, период вегетации растений в 2008 году проходил при средних показателях температуры воздуха и осадков. Вегетационный период 2009 года отличался повышенным увлажнением в мае, июне и июле и недобором осадков в августе, сентябре при температуре воздуха близкой к средним многолетним данным, в 2010 году осадки выпадали неравномерно в течение лета, отмечался недобор в июне, июле при средних показателях температуры воздуха.

В основу исследований положена методика полевого опыта в изложении Б. А. Доспехова. Повторность в опытах 4-кратная, учётная площадь делянки 50 м². Схемы опытов представлены в таблицах 1 и 3.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований по определению срока посева новых сортов яровой пшеницы установлено, что по продолжительности вегетации сорта практически не различались. Период посев — всходы при посеве 10 мая составлял 13 суток, при посеве 20 и 30 мая — 9 суток (табл. 1).

Продолжительность периода всходы — созревание составляла 94–95 суток. Самая высокая полнота всходов 88,0–89,0 % формировалась у всех сортов при посеве 30 мая, при этом на одном квадратном метре насчитывалось 350–362 стебля, к уборке 265–272 стебля на 1 м², при этом сохранность составляла 60,0–61,0 %, а выживаемость растений 51,4–56,0 %. Сорт Тарская 6 имел самую высокую сохранность и выживаемость по сравнению с другими сортами.

Учёт урожая показал, что самую высокую урожайность зерна все сорта формировали при посеве 10 мая, так Росинка обеспечила урожайность 1,70 т/га, Тарская 6 — 1,78 т/га, Тарская 7 — 1,63 т/га. С переносом срока посева на более позднее время все сорта снижали урожайность существенным образом (табл. 2).

Снижение урожайности от первого срока к последнему связано в основном со снижением массы зерна в колосе. У сорта Росинка масса зерна в колосе при посеве 10 мая составляла 0,63 г, 20 мая — 0,43 г, 30 мая — 0,40 г. Аналогичная картина наблюдалась и по другим сортам. От первого к последнему сроку посева у всех сортов возрастала масса 1000 зёрен, однако энергия прорастания и лабораторная всхожесть снижались (табл. 3).

В результате расчётов экономической эффективности возделывания яровой пшеницы при разных сроках посева установлено, что наиболее эффективным является сорт Тарская 6 при посеве 10 мая. При этом обеспечивается условный чистый доход 1,8 тыс. руб./га с себестоимостью 1 т зерна 4,0 тыс. руб., окупаемостью затрат 125 % и уровнем рентабельности 25 %. Посев всех сортов яровой мягкой пшеницы 20 и 30 мая приводил к резкому снижению экономической эффективности (табл. 4).

Исследования по определению оптимальной нормы высева для сорта яровой пшеницы показали, что различные нормы высева не оказали существенного влияния на продолжительность периода посев — всходы. Он составил 10 суток. Увеличение нормы высева с 4–5 млн до 6–8 млн всхожих зёрен на 1 га посева приводило к сокращению периода всходы — созревание на трое суток.

Изменение нормы высева существенным образом сказывалось на количестве всходов, а также на коли-

Таблица 3
Влияние срока посева на высоту растений, массу зерна в колосе и качество семян яровой пшеницы
(в среднем за 2006–2008 гг.)

Срок посева	Сорт	Высота растений перед уборкой, см	Масса зерна в колосе, г	Масса 1000 зёрен, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
10 мая	Росинка	71	0,63	28,1	91,0	96,0
	Тарская 6	72	0,71	27,7	91,2	95,0
	Тарская 7	70	0,62	30,6	82,2	94,8
20 мая	Росинка	73	0,43	29,3	89,6	95,6
	Тарская 6	73	0,50	29,7	89,3	93,5
	Тарская 7	74	0,42	30,7	79,5	93,8
30 мая	Росинка	74	0,40	29,6	87,5	95,2
	Тарская 6	74	0,42	29,1	87,3	94,3
	Тарская 7	75	0,35	31,5	81,5	94,6

Таблица 4
Влияние срока посева на экономическую эффективность сортов яровой пшеницы (в среднем за 2006–2008 гг.)

Срок посева	Сорт	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Окупаемость затрат, %	Рентабельность, %
10 мая	Росинка	1,4	4,2	119	19
	Тарская 6	1,8	4,0	125	25
	Тарская 7	1,1	4,3	115	15
20 мая	Росинка	– 0,8	5,6	88	–
	Тарская 6	– 0,2	5,1	97	–
	Тарская 7	– 0,9	5,8	86	–
30 мая	Росинка	– 1,0	5,8	85	–
	Тарская 6	– 0,8	5,7	88	–
	Тарская 7	– 1,3	5,3	81	–

Таблица 5
Влияние нормы высева на формирование стеблестоя яровой пшеницы
(в среднем за 2008–2010 гг.)

Норма высева, млн/га	Количество стеблей, шт./м ²		Полевая всхожесть, %	Полнота всходов, %	Сохранность, %	Выживаемость, %
	всходы	уборка				
4	302	211	70,3	75,0	70,0	52,8
5	367	238	68,3	73,4	64,8	47,8
6	431	265	66,8	71,8	63,9	45,0
7	491	309	65,4	70,1	62,9	44,2
8	554	342	64,4	69,2	61,8	42,8

честве продуктивных стеблей к периоду созревания. С увеличением нормы с 4 млн до 8 млн шт./га, количество всходов возрастало с 302 до 554 шт./м²; к периоду уборки количество продуктивных стеблей возрастало с 211 до 342 шт./м². Установлено, что увеличение нормы высева приводит к снижению полевой всхожести семян, полноты всходов, сохранности растений и их выживаемости. Наиболее оптимальный по густоте стояния стеблестой формируется при норме высева 6–7 млн всхожих зёрен на 1 га посева (табл. 5).

При этом количество стеблей перед уборкой составило 265–309 шт./м² с полевой всхожестью 65,4–66,8 %, полнотой всходов 70,1–71,8 %, сохранностью растений 62,9–63,9 %, при высоте перед

уборкой 81,0–86,0 см и облиственностью растений в период цветения 18,3–20,6 %. На фоне этих показателей получена самая высокая урожайность зерна 2,63–2,65 т/га. Снижение нормы высева, а также её повышение приводило к снижению урожайности (табл. 6).

С увеличением нормы высева высота растений, облиственность, масса зерна в колосе, масса 1000 зёрен снижаются. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян не зависели от нормы высева.

Расчёты показали, что наиболее экономически обоснованной и эффективной нормой высева яровой пшеницы является 6 млн всхожих зёрен на 1 га посева, при этом в среднем обеспечивается урожайность 2,65 т/га, при стоимости зерна 13,2 тыс. руб./га,

Таблица 6

Влияние нормы высева на массу зерна в колосе, качество семян и урожайность яровой пшеницы (в среднем за 2008–2010 гг.)

Норма высева, млн/га	Масса зерна в колосе, г	Масса 1000 зёрен, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Урожайность, т/га
4	1,08	44,6	45,4	89,7	2,16
5	0,99	44,1	46,5	89,1	2,36
6	0,99	43,6	47,5	90,8	2,65
7	0,84	42,6	47,4	91,2	2,63
8	0,69	40,1	46,4	90,7	2,37
НСР ₀₅	—	—	—	—	—

Таблица 7

Влияние нормы высева на экономическую эффективность яровой пшеницы (в среднем за 2008–2010 гг.)

Норма высева, млн/га	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Себестоимость, тыс. руб./т	Окупаемость затрат, %	Рентабельность, %
4	4,0	3,4	158	58
5	4,6	3,1	164	64
6	5,6	3,0	171	71
7	5,2	3,1	164	64
8	3,7	3,4	145	45

условном чистом доходе 5,6 тыс. руб./га, себестоимости 1 т зерна 3,0 тыс. руб., окупаемости затрат — 171 % и рентабельности производства 71 % (табл. 7).

Заключение. На основании исследований, проведённых в нечернозёмной полосе Западной Сибири, установлено, что более высокой урожайностью изученные сорта яровой пшеницы обладают при посеве 10 мая, урожайность зерна с 1 га составляет 1,78 т/га.

Наиболее оптимальной нормой высева яровой пшеницы является 6 млн всхожих зёрен на 1 га посева, при этом к уборке формируется 265 стеблей на 1 м² с урожайностью 2,65 т/га при себестоимости 1 т зерна 3,0 тыс. руб. и рентабельности 71 %.

Библиографический список

1. Храмов, И. Ф. Ресурсосберегающие технологии производства зерна в Западной Сибири / И. Ф. Храмов // Земледелие. — 2009. — № 4. — С. 5–6.

2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М. : Агропромиздат, 1985. — 352 с.

КАЗАНЦЕВ Виктор Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (Россия), профессор кафедры растениеводства и земледелия Омского государственного аграрного университета им. П. А. Столыпина.

ГРИГОРЬЕВ Юрий Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела северного земледелия Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Адрес для переписки: sibniish-tara@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 20.03.2012 г.

© В. П. Казанцев, Ю. П. Григорьев

Книжная полка

Верещагин, Н. И. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве : учеб. пособие для начал. проф. образования / Н. И. Верещагин, А. Г. Левшин, А. Н. Скороходов. — 6-е изд., стер. — М : Academia, 2012. — 416 с. — Гриф МО РФ. — ISBN 978-5-7695-8785-6.

Приведены основы использования машинно-тракторных агрегатов при выполнении механизированных работ в растениеводстве. Изложены организационные и агротехнические основы возделывания сельскохозяйственных культур. Для выполнения механизированных работ рекомендуются современные машины и технологическое оборудование. Учебное пособие может быть использовано при освоении профессионального модуля ПМ.01 «Выполнение механизированных работ в растениеводстве» (МДК 01.01) по профессии 110800.01 «Мастер сельскохозяйственного производства». Для подготовки трактористов-машинистов широкого профиля в учреждениях начального профессионального образования, подготовки и переподготовки рабочих на производстве и в центрах занятости, профессионального обучения учащихся средней образовательной школы.

БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ БОБОВЫХ КУЛЬТУР, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Сравнительная характеристика по урожайности и качеству белка зернобобовых культур показала, что фасоль зерновая является перспективной зернобобовой культурой для южной лесостепи Западной Сибири, поскольку она имеет более стабильную и высокую урожайность по сравнению с соей и горохом. При этом по количеству и качеству белка фасоль зерновая превосходит наиболее распространенную полевую зернобобовую культуру горох. Аминокислотный состав белка фасоли зерновой свидетельствует о возможностях дальнейшего повышения эффективности селекции этой культуры, что будет играть положительную роль для решения белковой проблемы (продовольственного и кормового белка) в Западной Сибири.

Ключевые слова: семена, сорт, фасоль, соя, горох, белок.

Бобовые культуры — это доступный источник продовольственного и кормового белка, сбалансированного по аминокислотному составу. Для условий Сибири эта проблема стоит очень остро, так как ресурсы тепла, влаги и набор возделываемых культур довольно ограничен. Достаточно сказать, что основной бобовой культурой в Сибири, как Западной, так и Восточной, является горох. Но основными недостатками этой культуры является слабая жаростойкость и засухоустойчивость, что делает эту культуру в условиях южной лесостепи (основная зерносеющая зона) ненадежной по урожаю, да и качеству зерна, особенно по содержанию незаменимых аминокислот в белке. К таким незаменимым аминокислотам относятся: гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, триптофан и валин. Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме и должны обязательно в определенных количествах поступать с пищей. Отсутствие любой из восьми незаменимых аминокислот в пище вызывает серьезные нарушения здоровья, особенно это тяжело сказывается на молодом растущем организме.

В связи с этим поиск исходного материала на основе оценки существующих и создание сортов бобовых культур с более стабильной урожайностью и более высокими биохимическими показателями, особенно по содержанию в белке незаменимых аминокислот, является актуальным для этого региона [1, 2, 3, 4].

Полевые опыты закладывались на опытном поле Омского государственного аграрного университета, расположенном в зоне южной лесостепи Омской области. Учетная площадь делянки 2 м². В качестве материала исследований были использованы три культуры и 12 сортов, рекомендованные в различные годы для возделывания в Западно-Сибирском регионе, характеризующиеся различной скороспелостью и другими хозяйственно-ценными признаками. Фа-

соль — Рубин (2001 г., скороспелый), Нерусса (1991 г., среднеспелый), Щедрая (1938 г., скороспелый), Прибельская (скороспелый); соя — Омская 4 (1993 г., скороспелый), Дина (2003 г., скороспелый), Эльдorado (2010 г., скороспелый), СибНИИСХоз 6 (2000 г., скороспелый); горох — Благовест (2008 г., скороспелый), Демос (2003 г., среднеспелый), Омский 9 (1999 г., среднеспелый), Омский 7 (1981 г., среднеспелый). Анализ количественного содержания белка был проведен с помощью двух аналитических подходов. Во-первых, по гостированной (ГОСТ 13496.4-93) методике определения азота по Кьельдалю. Во-вторых, при помощи прибора для определения азота VELP NDA 701, результаты которого принимают международные организации.

Анализ аминокислотного состава был проведен методом капиллярного электрофореза на приборе Капель-105. Статистическая обработка данных проведена дисперсионным методом по Б. А. Доспехову [5] на ПК. Статистическую обработку и вычисления осуществляли в программе Excel 2007. Погодные условия в годы исследования можно охарактеризовать следующими особенностями. Май 2008 года характеризовался сухой и теплой погодой, во второй декаде июня наблюдалась раннелетняя засуха и прохладная погода. Июль был контрастным по обеспеченности осадками с теплой погодой. В августе было мало осадков, и температура была выше среднемноголетней на 10 °С. В мае 2009 года температура воздуха превышала среднемноголетние данные, отмечено значительное количество осадков. В июне и июле преобладала холодная дождливая погода. Первая и вторая декады августа характеризовались прохладной дождливой погодой, а в третьей декаде августа преобладала теплая погода с повышенным количеством осадков. Май 2010 года оказался на уровне среднемноголетних данных. В июне, июле и августе была теплая и сухая погода. В целом погодные условия следует охарактеризовать как типичные

Аминокислотный состав* бобовых культур (горох, соя, фасоль), г/100 г (среднее 2008–2010 гг.)

Таблица 1

Культура	Показатели	Лизин	Треонин	Валин	Метионин	Лейцин + изо-лейцин	Фенил-аланин	Трипто-фан	Сумма аминокислот	Сумма незаменимых аминокислот	Содержание белка, %
Горох	ср.	2,7	0,9	1,3	0,9	3,3	1,5	1,0	26,5	11,6	24,7
	S	0,3	0,1	0,4	0,2	0,4	0,1	0,2	1,1	1,0	0,3
	cV, %	10,6	14,7	31,1	19,4	10,6	6,3	16,8	4,3	8,6	1,2
		II	II	III	II	II	I	II	I	I	I
Соя	ср.	4,2	2,3	2,1	1,2	5,0	2,4	1,7	45,1	19,0	43,9
	S	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	1,3	0,8	0,7
	cV, %	5,7	4,9	6,3	22,7	4,6	8,2	10,1	2,9	4,8	1,6
		I	I	I	III	I	I	II	I	I	I
Фасоль	ср.	2,4	1,6	1,4	1,2	3,3	1,6	1,1	27,5	12,7	25,5
	S	0,2	0,3	0,3	0,2	0,6	0,4	0,1	2,0	1,6	0,7
	cV, %	9,9	17,4	21,8	16,1	16,6	24,1	5,8	7,4	12,4	2,6
		I	II	III	II	II	III	I	I	II	I

*Группы варьирования: I — слабоварьирующий (до 10 %), II — средневарьирующий, 10,1–20%, III — сильноварьирующий, более 20,1 %, показатель.

для южной лесостепной зоны Западной Сибири они позволили изучить и оценить образцы сортов бобовых культур по основным хозяйственно-ценным признакам, содержанию белка и аминокислотному составу.

Изучение трех бобовых культур и их 12 сортов показало, что по содержанию белка в среднем за три года культуры соя, фасоль и горох достоверно различаются (табл. 1).

Наиболее высоким содержанием количества белка характеризуется культура соя 43,9 % и фасоль 25,5 %, а в семенах гороха содержится 24,7 %. При этом необходимо отметить то, что все изучаемые культуры обеспечивают сравнительно стабильное накопление белка (показатель слабоварьирует по годам). Это свидетельствует о сравнительной адаптивности изучаемых сортов к условиям южной лесостепи Омской области.

По урожайности семян наиболее высоким показателем выделяются культуры фасоль и горох соответственно 3,3 т/га и 3,0 т/га. Урожайность сои за три года составила 2,2 т/га, что достоверно ниже других изучаемых бобовых культур. Сравнительное изучение аминокислотного состава (отдельных аминокислот, общей суммы и суммы незаменимых) показывает, что наиболее высоким содержанием общей суммы аминокислот и незаменимых характеризуется культура соя, на втором месте по общей сумме аминокислот и незаменимых находится фасоль (табл. 1). Горох в сравнении с этими культурами имеет более низкие показатели. Фасоль, как культура новая для зернового направления, по большему числу незаменимых аминокислот превосходит горох. По содержанию отдельных аминокислот фасоль приближается либо превосходит сою (например, валин). Исследования показали, что наиболее сильное варьирование по годам аминокислот, как отдельных, так и их суммы, наблюдается у сортов фасоли, в сравнении с сортами гороха и сои. Это свидетельствует о том, что необходимо усилить селекцию на качестве белка у этой культуры в условиях Западной Сибири.

Одновременно следует отметить, что наблюдается значительное варьирование отдельных аминокислот в пределах культур по годам (например, метионин, валин, фенилаланин). Это свидетельствует о том, что необходимо ежегодно осуществлять контроль не только за общим содержанием белка, но и его качеством как в пределах культур, так и сортов.

Выводы

1. Сравнительная характеристика по урожайности и качеству белка бобовых культур показала, что зерновая фасоль является перспективной для возделывания и селекции культурой для Западной Сибири, поскольку она имеет более стабильную и высокую урожайность по сравнению с соей и горохом.

2. Качество белка у фасоли превосходит наиболее распространенную полевую бобовую культуру горох. Аминокислотный состав её белка свидетельствует о возможностях повышения эффективности селекции культуры фасоль, что будет играть положительную роль для решения белковой проблемы (продовольственного и кормового белка) в Западной Сибири.

Библиографический список

1. Содержание аминокислот и жирных кислот в семенах гибридов и мутантов сои / В. С. Ала [и др.] // Биология, генетика и микробиология сои. — Новосибирск, 1986. — С. 106–110.
2. Асанов, А. М. Сравнительная продуктивность и основные агротехнические приёмы выращивания скороспелых сортов сои в условиях южной лесостепи Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А. М. Асанов. — Омск, 1998. — 26 с.
3. Аминокислотный состав белков семян различных сортов сои и соевой сенной муки / И. Ф. Беликов, [и др.] // Биология возделывания сои. Владивосток, 1971. — 134 с.
4. Васякин, Н. И. Селекция зернобобовых в Западной Сибири / Н. И. Васякин // Современные проблемы и достижения аграрной науки в земледелии, селекции и животноводстве : сб. науч. тр. / РАСХН. Сиб. отд.-ние. — Барнаул, 2005. — С. 79–89.

ЛАРИОНОВ Юрий Степанович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), профессор кафедры селекции, генетики и физиологии растений.

ГОРБАТАЯ Александра Петровна, аспирантка кафедры селекции, генетики и физиологии растений. Адрес для переписки: 644008, г. Омск, Институтская пл., 2.

Статья поступила в редакцию 05.12.2011 г.

© Ю. С. Ларионов, А. П. Горбатая

УДК 502:633.1(571.13)

**С. Л. ПЕТУХОВСКИЙ
Я. Р. РЕЙНГАРД**

Омский государственный аграрный
университет им. П. А. Столыпина

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье рассмотрено влияние основных природных и социальных факторов — гидро-термических ресурсов, ветрового режима, рельефа, качества почв и их деградированности, сельскохозяйственного использования почвенного покрова на урожайность пшеницы и зерновых культур, а также дан прогноз возможных экономических показателей от применения противодеградационных мероприятий на пахотном фонде Омской области.

Ключевые слова: природные и социальные факторы, почвенный покров, эрозия, дефляция, противодеградационные мероприятия, урожайность.

Кардинальные перемены политического, социального и экономического характера привели к изменению социально-экономического уклада сельскохозяйственного производства. В то же время ареал локализации сельскохозяйственного производства меняется в зависимости от материально-технических средств хозяйств и хозяйств, научно обоснованного хозяйствования, природно-ресурсного потенциала, в первую очередь природно-климатического, почвенно-биотического, технической подготовки и образования персонала. При этом обязательным условием выращивания высоких урожаев сельскохозяйственных культур является сохранение природной среды при рациональном использовании имеющихся ресурсов.

Изменившиеся социально-экономические условия определяют в настоящий момент необходимость более дифференцированного учёта, инвентаризации и оценки почвенно-биотических ресурсов, что выполнимо лишь при комплексном изучении факторов и условий развивающихся процессов. При этом адаптация земледелия к природным и производственным условиям предполагает сопоставление требований растений и их адаптивных возможностей с фактическим состоянием и возможностью регулирования всех параметров и элементов, участвующих в производстве биотической продукции.

Дело в том, что территория Омской области расположена в пределах двух геоботанических зон: таёжной (бореальной), подразделяющейся на две подзоны — южной тайги и подтайги (подзона мелко-лиственных лесов) и степной, разделяющуюся на

лесостепную и степную подзоны. В связи с большим простиранием области с севера на юг лесостепь в области, кроме того, делится на северную, центральную и южную. При этом выраженная равнинность территории области, подчёркивая биоклиматичность зональных факторов, формирующих многообразие микроклиматов, растительных сообществ, почвенных типов, подтипов, родов и видов, сильно ухудшает гидрологические условия территории. Однако географические закономерности распределения агроэкологических условий возделывания зерновых культур на территории Омской области ещё слабо изучены.

В решении же проблем интенсификации сельскохозяйственной деятельности и рационального использования почвенного покрова, а также и эффективной его защиты от неблагоприятных воздействий природы и общества важнейшую роль играет потенциал почвенно-климатических ресурсов, который в настоящее время под напором техногенеза претерпевает значительные изменения.

В общих чертах климат области резкоконтинентальный. Абсолютная годовая амплитуда температуры воздуха достигает 80 °С, формируется главным образом под влиянием свойств Азиатского материка и воздействия атлантических воздушных масс. Максимальная продолжительность дня, в летний период, превышает в этих широтах 17 ч, а продолжительность солнечного сияния возрастает до 55—70 % за счёт увеличения длительности дня, что благоприятно влияет на формирование урожайности естественной растительности и сельскохозяйственных

культур. Ухудшающим показателем является то, что беспрепятственное проникновение арктических холодных масс воздуха с Севера и сухих из Казахстана и Средней Азии обуславливают резкие и быстрые изменения погоды, что приводит к общей неустойчивости климата. Помимо резких колебаний температуры в течение года, климат области отличается сухостью, недостатком осадков, малой облачностью [1].

Основными особенностями температурного режима в области являются: суровая, холодная и продолжительная (130–190 дней) зима, жаркое лето, короткие весна и осень, короткий безморозный период, резкие колебания температуры от месяца к месяцу, от одного дня к другому и даже в течение суток. Годовое количество осадков невелико — 300–500 мм, а в самых южных районах иногда снижается и до 250 мм. Максимально возможное испарение, например, в южной лесостепи и степи 660–730 мм в год. Сумма отрицательных температур ниже 10 °С составляет 2000–2200 °С. Высота снежного покрова от 15–18 см на крайнем юге до 40–45 см на севере. Самая низкая температура в году наблюдается в январе (–19...–20 °С). Минимальная отрицательная температура в некоторые зимы опускается ниже –40 °С. Безморозный период в северных районах длится в среднем 90–110, на юге — 115–125 дней. Глубина промерзания почвы зависит от зоны, температуры, рельефа и варьирует в пределах 100–300 см (Агроклиматические ресурсы Омской области, 1971).

Количество ясных солнечных дней в условиях таежной зоны достигает 47–55. Средняя сумма часов солнечного сияния за год составляет 1600 ч. Количество солнечной радиации снижается до 80–90 ккал/см². Здесь интенсивность радиации ниже, но световой день длиннее, поэтому радиационный баланс снижается незначительно. Таким образом, солнечная радиация не является в пределах области лимитирующим фактором и перспективным будет повышение КПД использования энергии солнца.

Продолжительность дня, при прочих равных условиях, оказывает влияние на сроки колошения пшеницы и на вегетационный период в целом. В условиях более длинного дня в северных районах колошение у яровой пшеницы наступает на 3–5 дней быстрее, что позволяет культурам созреть до наступления ранних заморозков. С продвижением на юг день укорачивается, соответственно, увеличивается период «всходы — колошение» [1].

При переходе от таежных районов к степным возрастают скорость ветра и число дней с сильным ветром (15 м/с и более), а относительная влажность воздуха снижается. Если в условиях таежной зоны эти показатели находятся в пределах 3,5 м/с, 8–10 дней и 73 %, то в степной зоне эти цифры достигают соответственно 5 м/с, 29 дней и 57 %. В степи возрастают сухость воздуха, дефицит влаги, наблюдаются пыльные бури (иногда до 45 пыльных бурь в год), жёсткая атмосферная засуха.

К неблагоприятным чертам климата области, которые необходимо учитывать при районировании культур, при разработке агромероприятий в практике земледелия, следует отнести: недостаточное количество осадков на юге (менее 300 мм), большой дефицит почвенной влаги и выраженное физическое ее испарение с открытой поверхности; глубокое промерзание почвы и позднее оттаивание; короткий безморозный период; высокая среднегодовая скорость ветра (3–5 м/с), иногда достигающая 15 м/с; поздние весенние и ранние осенние заморозки, низкую температуру воздуха при малоснежных зимах,

особенно на юге [1]. Кроме того, юг Западной Сибири служит ареной интенсивного развития дефляционных и эрозионных процессов. Режим выпадения, распределение и эрозионная способность осадков, а также ветровой режим на центральной части юга Западной Сибири подчиняется закономерному ходу «линии максимума циклонов», активно влияющей на распределение гидротермических показателей не только в меридиональном направлении, но и в широтном [2]. На локальное перераспределение увлажнения и ветров активно влияют элементы микро- и мезорельефа, усиливающие турбулентные явления в приземной атмосфере, изменяющие метеорологические условия и интенсивность процессов эрозии и дефляции.

Из всего комплекса климатических показателей и природных условий вытекает, что на юге изучаемой территории преобладает опасность развития дефляции, в центральной ее части — совместного действия дефляции и эрозии и в северных районах — эрозии.

Развитие сельскохозяйственного производства, в связи со сменой социально-экономических условий, реструктуризацией и переходом сельскохозяйственного производства к рыночной экономике, переделом земельных угодий затруднено, и поэтому система мер использования почвенно-климатического потенциала должна быть более гибкой, дифференцированной, учитывающей не только свойства почв и параметры климатических условий, но и социально-хозяйственные факторы формирования почвенного покрова, оптимальные условия произрастания сельскохозяйственных растений в каждой природно-климатической зоне на конкретном элементарном ареале агроландшафта, при введении полезащитного и почвозащитного адаптивно-ландшафтного контурного земледелия.

Основой для разработки такой системы должны стать агропочвенное районирование [3] и агроэкологическая комплексная оценка [4] области, включающей в себя природно-хозяйственные, социальные и экономические условия формирования плодородия элементарных ареалов почв и многофункционального потенциала агроландшафтов в целом [5].

Из оценки влияния основных факторов по почвенно-эрозионно-дефляционным зонам следует, что при среднем областном балле 6,3 (табл. 1) он колеблется по зонам от 5,3 до 7,0, то есть в пределах среднего влияния на развитие деградационных процессов, причём наименьший балл в южной зоне (5,3), что отражает наиболее жёсткие природные и напряжённые хозяйственно-экономические условия в этой зоне [2].

Почти повсеместно сильно влияющими на развитие почв в области являются гидротермические ресурсы: средний балл по области — 4,6, среднее влияние оказывает использование почв — 5,7, ветровой режим и рельеф — по 6,7. Среднее влияние оказывают и свойства самих почв (7,0) и степень их деградированности (7,1) (табл. 1). Это объясняется тем, что основные массивы (85,3 %) почв области имеют тяжёлый гранулометрический состав и при правильно построенной системе земледелия они устойчивы к развитию деградационных процессов.

Высокая степень деградированности и податливости почв в южной зоне указывают на несоответствие применяемых систем возделывания сельскохозяйственных культур на тяжелосуглинистых почвах юга области. Выявлено, что в южной эрозионно-дефляционной зоне на развитие деградации почв

Таблица 1
Средняя оценка (балл) влияния основных факторов на развитие деградации по эрозионно-дефляционным зонам Омской области [2]

Группы факторов	Почвенно-эрозионно-дефляционные зоны			По области
	южная	центральная	северная	
Гидротермические ресурсы	2,9	4,8	6,3	4,6
Ветровой режим	4,4	7,3	8,6	6,7
Рельеф	8,4	7,1	4,8	6,7
Качество почв	7,2	7,7	6,2	7,0
Деградированность почв	5,7	8,1	7,6	7,1
Сельскохозяйственное использование почв	3,2	6,8	7,3	5,7
Средняя оценка	5,3	7,0	6,8	6,3
Гидротермический коэффициент	0,8	1,3	1,5	1,2

Примечание: максимально возможная оценка равна 10,0 баллам.

Таблица 2
Средняя урожайность пшеницы (т/га) по природно-климатическим зонам Омской области в различные периоды [2]

Природно-климатическая зона	Урожайность пшеницы, т/га по периодам		
	1955 – 1971 гг.	1972 – 1985 гг.	1985 – 2005 гг.
Степная	0,90	1,32	1,21
Южная лесостепная	1,13	1,56	1,45
Северная лесостепная	0,95	1,31	1,29
Южно-таёжно-лесная	1,00	1,25	1,31
Среднее	0,99	1,31	1,28

сильное действие оказывают такие факторы как гидротермические ресурсы (балл 2,9), использование почв (3,2), ветровой режим (4,4); в центральной эрозионно-дефляционной зоне — гидротермические ресурсы (балл 4,8), в северной эрозионно-дефляционной зоне — рельеф (балл 4,8) [3].

Особенно сильно предрасположены воздействию деградационных процессов, в первую очередь дефляции, районы южной эрозионно-дефляционной зоны, где балл сельскохозяйственного использования почв опускается до 1,6 – 2,3, гидротермических ресурсов — до 2,6 – 3,0, ветрового режима — до 2,7 – 5,0. Средний балл по районам этой зоны составляет 4,7 – 6,3. В лучших условиях находятся районы центральной (балл 7,0) и северной зон (балл 6,8) [2].

По деградированности почвенного покрова низшие баллы также в районах южной эрозионно-дефляционной зоны (2,0 – 3,7 балла). Меньшее распространение деградированных почв установлено в районах центральной (средний балл — 8,1) и северной (средний балл — 7,6). Наиболее устойчивыми к развитию деградационных процессов оказались солонцовая центральная лесостепь (балл — 9,5) и северный приречный район (балл — 9,0), собственно, это пойменные угодья севера области.

Для всей территории области на основе углублённых исследований состояния территории, почв и их отношения к развитию деградационных процессов, анализа структуры почвенного покрова научно обоснованы комплексы организационно-хозяйственных, лесомелиоративных, агротехнических, агрономических, агрохимических и гидротехнических мероприятий. По степени защиты почв от дефляции и эрозии, осуществлена их географическая привязка

к зонам и эрозионно-дефляционным районам. Сравнивая величину урожайности пшеницы между зонами по различным периодам (табл. 2) отмечаем, что она до проведения почвенного эрозионно-дефляционного обследования и до внедрения почвозащитных мероприятий рекомендованных на основе выявленных закономерностей развития эрозионных, дефляционных, гравитационных и других деградационных процессов, распространения и степени деградированности составляла в среднем за период 1955 – 1971 гг. — 0,99 т/га. За период интенсивного внедрения (1972 – 1985 гг.) организационно-хозяйственных, агролесомелиоративных, агротехнических, гидротехнических, агрохимических и других мероприятий составила — 1,31 т/га, то есть получена прибавка от внедрения противодеградационных мероприятий 0,32 т/га. Даже в период перестройки, реструктуризации и перехода сельскохозяйственного производства к рыночной экономике получена также повышенная урожайность пшеницы, превышающая урожайность 1955 – 1971 гг. на 0,29 т/га.

До внедрения Генеральной схемы противоэрозионных мероприятий ни в один период не была получена урожайность зерновых культур свыше 1 т/га и лишь после внедрения даже не полного комплекса противоэрозионных мероприятий область стала получать по 1,31 т/га пшеницы и по 1,35 т/га зерновых. Начиная с 2001 г. область, используя передовые технологии, предложенные Генеральной схемой, получает в среднем по 1,626 т/га (табл. 3).

Ожидаемый чистый доход, за счёт повышения урожайности сельскохозяйственных культур, составил 3146,82 млн рублей (в ценах на 1-й квартал 2007 г.). Предложенный комплекс противоэрозионных меро-

Урожайность зерновых культур (т/га) [6]
в различные социальные периоды становления и развития
Российского государства

1883—1916	1917—1940	1941—1953	1954—1971	1972—1985	1986—2005	2001—2007
0,553	0,738	0,748	0,917	1,348	1,373	1,626

приятий на свою реализацию потребует 7 172,64 млн рублей. Таким образом, окупаемость всех затрат произойдет за три года [2].

Внедрение в Омской области даже неполного комплекса противодеградационных мероприятий прекратило возникновение и развитие интенсивных пыльных бурь и частично разрушительное действие эрозии, что привело к повышению урожайности зерновых культур в среднем по области от 0,3 до 1,0 т/га и более. Исследования по противодеградационной тематике дают высокую отдачу и сохраняют почвы и почвенный покров в целом. Эти аргументы должны возродить изучение почв и почвенного покрова Западной Сибири. Только в этом случае почвы и в целом почвенный покров будут сохранены для будущих поколений людей нашего региона.

Использование почвенного покрова ландшафтообразующих реликтовых территорий и форм рельефа (Прииртышский увал и гривы), уже потерявших до 30—50 % и более своего естественного плодородия, следует сильно ограничить, как требующих особого подхода и разработки специальных противодеградационных мероприятий по охране их природных комплексов.

Возможность эффективного развития сельскохозяйственного производства в любой природно-климатической зоне должна определяться наличием всесторонней информации о состоянии природных ресурсов, и в первую очередь почвенных как средообразующих, стабильностью инвестирования в оздоровление экосистем и агроэкосистем, адекватного антропогенному воздействию на компоненты природы объёма средств с целью сохранения генофонда и экологического равновесия природных систем, прекращения деградации биогеоценозов, снижающей их энергетический уровень, уменьшения экологической напряжённости отрицательно влияющей на социально-экономические, эстетические условия и на снижение гармоничности проживания населения в регионе.

Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Омской области. — Л. : Гидрометеиздат, 1971. — 188 с.
2. Рейнгард, Я. Р. Деградация почв экосистем юга Западной Сибири : моногр. / Я. Р. Рейнгард. — Лодзь — Польша, 2009. — 636 с.
3. Мищенко, А. Н. Взаимосвязь геоморфологического районирования и выделения агропочвенных районов в центральной части Западно-Сибирской равнины. Агропочвенное районирование. Почвенно-географическое и другие виды районирования земельного фонда Дальнего Востока в целях его рационального использования и охраны / А. Н. Мищенко, Я. Р. Рейнгард, В. М. Прудникова // Тез. докл. Дальневосточного зонального совещания 23 декабря 1985. — Владивосток, 1985. — С. 57—58.
4. Рейнгард, Я. Р. Комплексная оценка агроэкологических условий сельскохозяйственного производства Западной Сибири. Агроэкологическая комплексная оценка. Научные разработки и инновационная деятельность Омского государственного аграрного университета : рекламный проспект / Я. Р. Рейнгард, О. В. Нежевляк. — Омск : Изд-во ОмГАУ, 2003. — 148 с.
5. Рейнгард, Я. Р. Почвенно-экологическая оценка устойчивости почв к развитию эрозионных и дефляционных процессов на юге Западной Сибири. Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям / Я. Р. Рейнгард, А. М. Рейнгард, О. В. Нежевляк // Тез. докл. Всерос. конф., Москва, 24—25 апреля 2002 г. — С. 405.
6. Хлеб Прииртышья / Сост. и ведущий ред. А. А. Мороз. — Омск : Кн. изд-во, 1999. — 400 с.

ПЕТУХОВСКИЙ Сергей Львович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), ректор.

РЕЙНГАРД Яков Рувинович, доктор биологических наук, профессор (Россия), профессор кафедры экологии и биологии.

Адрес для переписки: 644008, г. Омск, Институтская пл., 2.

Статья поступила в редакцию 20.02.2012 г.

© С. А. Петуховский, Я. Р. Рейнгард

Книжная полка

Васько, В. Т. Основы семеноведения полевых культур : учеб пособие для вузов / В. Т. Васько. — М. : Лань, 2012. — 304 . — ISBN 978-5-8114-1111-5.

В учебном пособии изложены современные вопросы семеноведения: морфология, физиология и биохимия семян; особенности формирования их разнокачественности. Поэтапно рассмотрен чрезвычайно важный с практической точки зрения период посев — всходы: набухание семян, формирование проростков, появление всходов. Практический и теоретический интерес представляют материалы, касающиеся периода покоя и прорастания семян. Впервые рассмотрены адаптационные свойства, приобретаемые семенами в процессе набухания и формирования проростка. Представлены данные по обоснованию способов уборки и методов сушки семян; проанализированы современные методы оценки качества семян и посевного материала. Книга предназначена для студентов агрономических и биологических факультетов вузов, а также будет полезна агрономам, семеноводам, работникам контрольно-семенных инспекций.

УСТОЙЧИВОСТЬ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ *TRITICUM AESTIVUM* X *T. DURUM*

В статье представлены данные о генетическом контроле устойчивости твердой пшеницы к бурой ржавчине, полученные при изучении тетраплоидных растений, отобранных из F_2 поколения межвидовых гибридов *Triticum aestivum* x *T. durum*. На стадии проростков сорта твердой пшеницы защищены от болезни двумя или тремя расоспецифическими генами и комплексом факторов неспецифической устойчивости. Эти сведения необходимы для создания сортов пшеницы с длительной устойчивостью к болезни.

Ключевые слова: бурая ржавчина, твердая пшеница, мягкая пшеница, гены устойчивости.

Юго-западная Сибирь — регион массового возделывания мягкой и твердой пшеницы. Развитие бурой ржавчины, вызываемой патогенным грибом *Puccinia triticina* Erikss., приводит к регулярным потерям урожая от 10 до 50 % [1]. Для надежной защиты урожая необходимо создавать и использовать сорта пшеницы с разными генами и механизмами устойчивости. По данным Всероссийского института защиты растений (ВИЗР), индекс восприимчивости вида твердая пшеница *Triticum durum* Desf. в три раза ниже, чем у мягкой пшеницы *T. aestivum* L., а сорта западносибирской селекции высоко устойчивы к местной агрессивной популяции *P. triticina* [2, 3]. Выявление природы устойчивости *T. durum* к бурой ржавчине и перенос ее генов в геном *T. aestivum* представляет интерес для создания сортов с длительной устойчивостью к болезни. Как правило, при интрогрессии чужеродного материала проводят многократные насыщающие скрещивания с культурой-реципиентом, при этом комплексы генов, защищающих устойчивый вид, рассеиваются. В связи с этим изучение селекционного материала, полученного на первых этапах межвидовой гибридизации, представляет интерес для понимания генетического контроля видовой устойчивости к болезни.

Целью работы было исследование генетического контроля устойчивости к бурой ржавчине твердой пшеницы на примере тетраплоидных форм, полученных путем отбора из межвидовых гибридов *T. aestivum* x *T. durum*.

Материалом для исследований служили яровые сорта твердой пшеницы (Омская янтарная, Омский кристалл, Ангел) селекции Западно-Сибирского

селекцентра (СибНИИСХ, г. Омск), а также межвидовые гибриды, полученные скрещиванием восприимчивого сорта мягкой пшеницы Омская 36 с одним из сортов твердой пшеницы. В F_1 были получены нестабильные пентаплоиды с геномным составом AABB $\bar{D}$. После их самоопыления в поколении F_2 под цитологическим контролем были отобраны тетраплоидные 4n формы с геномом AABB и случайным распределением хромосом мягкой и твердой пшеницы. В качестве стандарта рассматривали развитие болезни на восприимчивом сорте мягкой пшеницы Омская 36.

Развитие ржавчины оценивали по типу реакции в баллах и по степени поражения в процентах [4, 5]. К устойчивым относили растения с типом реакции 0–2, к восприимчивым — 3–4 балла (балл 0 — нет пустул; балл 1 — микроскопические пустулы окружены зоной некроза, балл 2 — мелкие пустулы окружены зонами некроза; балл 3 — пустулы среднего размера окружены зоной хлороза, балл 4 — крупные пустулы). В полевых условиях на делянках проводили глазомерную оценку развития болезни на флаговых листьях на стадии молочно-восковой спелости растений. Во время эпифитотий сорт мягкой пшеницы Омская 36 был восприимчив к болезни (4 балла/100 % и 4 балла/90 % в 2007 и 2009 гг. соответственно). Сорта твердой пшеницы Омская янтарная, Омский кристалл, Ангел были иммунны или высоко устойчивы (0 баллов, 1 балл / 5 %, 0 баллов соответственно).

В лабораторных условиях оценивали развитие болезни на листьях растений на стадии проростков. Для изучения генетического контроля признака

устойчивости семена 4n-растений межвидовых гибридов поколения F_2 высевали в почву семьями (из комбинации Омская 36 х Омская янтарная — 2, Омская 36 х Омский кристалл — 3, Омская 36 х Ангел — 2 семьи). Оценку устойчивости к ржавчине проводили на отсеченных листьях с применением 0,04 %-го раствора бензимидазола, поддерживающего их жизнеспособность [6]. Отрезки листьев отдельно заражали суспензиями урединиоспор (10–12 тыс. спор/мл) двух монопустьевых изолятов *P. tritici* из западносибирской популяции. Генотип изолятов по признаку вирулентности определяли на наборе почти изогенных линий сорта Тэтчер с Lr-генами устойчивости к бурой ржавчине. Изолят 1 был авирулентен к генам Lr9, Lr19, Lr26, Lr28, Lr36, Lr38 (генотип $P_{9P_{19}P_{26}P_{28}P_{36}P_{38}}$), изолят 2 — к генам Lr26, Lr28, Lr36 (генотип $P_{26P_{28}P_{36}}$). На листьях восприимчивых растений каждой семьи под микроскопом с помощью окуляр-микрометра определяли размеры 30 пустул гриба, их площадь вычисляли по формуле площади эллипса. Результаты обрабатывали с помощью однофакторного дисперсионного анализа. В качестве повторностей рассматривали развитие болезни на отдельных листьях. Достоверность гипотез о количестве генов устойчивости проверяли с помощью критерия χ^2 [7].

Эксперименты в лабораторных условиях подтвердили восприимчивость сорта мягкой пшеницы Омская 36 к бурой ржавчине (4 балла/38–40 %). Сорта твердой пшеницы были иммунны к изоляту 1, а при заражении изолятом 2 на листьях сорта Омская янтарная появлялись микроскопические пустулы, окруженные зоной некроза (1 балл), а на листьях сорта Омский кристалл — более крупные пустулы, также окруженные зоной некроза (балл 2). Сорт Ангел (табл. 1).

В потомстве 4n растений выявлены устойчивые и восприимчивые растения, что свидетельствует о расщеплении по признаку устойчивости. Согласно теории Флора [8], результат взаимодействия (устойчивость или восприимчивость) зависит от взаимодействия продуктов генов устойчивости растений и генов авирулентности патогенов. При этом достаточно совпадения генов устойчивости и авирулентности по одной паре комплементарных генов растения и паразита, чтобы растения проявляли несовместимость. В наших исследованиях изолят 1 нес 6 генов авирулентности ($P_{9P_{19}P_{26}P_{28}P_{36}P_{38}}$), а более агрессивный изолят 2 — только 3 гена ($P_{26P_{28}P_{36}}$), что объясняет различия в результатах взаимодействия растений с разными изолятами.

В ходе двух циклов самоопыления тетраплоидов (в F_2 и F_3) генетический материал распределялся случайно между растениями, поэтому расщепление было изучено в отдельных семьях. В комбинации Омская 36 х Омская янтарная в семье 1 при заражении изолятом 1 наблюдалось расщепление по устойчивости растений близкое к теоретически ожидаемому соотношению 1R : 3S, что соответствует одному рецессивному гену устойчивости. При заражении изолятом 2 все растения были восприимчивы. Это свидетельствует о том, что рецессивный ген устойчивости преодолен изолятом 2, т.е. является расоспецифическим. В семье 2 той же комбинации при заражении двумя изолятами проявлялись устойчивые и восприимчивые растения. При этом часть растений была устойчива к изоляту 1, часть — к изоляту 2, остальные — к двум изолятам, что свидетельствует о независимом распределении в потомстве генов устойчивости. При заражении изолятом 1

проявлялось расщепление, близкое к 13R : 3S, что соответствует присутствию одного доминантного и одного рецессивного генов устойчивости. При заражении растений изолятом 2 расщепление соответствовало соотношению 1R : 3S, что указывало на действие одного рецессивного гена, т.е. доминантный ген не эффективен против изолята 2. Поскольку при заражении семьи 1 изолятом 2 рецессивный ген был преодолен, то, вероятно, рецессивные гены в семьях 1 и 2 различаются. На основании изучения взаимодействия двух семей растений с двумя изолятами гриба можно предполагать, что сорт Омская янтарная защищен от болезни по крайней мере 1 доминантным и 2 рецессивными генами с расоспецифическим эффектом.

В комбинации Омская 36 х Омский кристалл в семье 1 наблюдалось расщепление, близкое к соотношению 1R : 3S при заражении двумя клонами. Однако, одни и те же растения показывали разную реакцию при заражении разными изолятами, что свидетельствует о присутствии разных сцепленных рецессивных генов устойчивости у гибридов. В семье 2 при заражении изолятом 1 было выявлено действие одного доминантного гена, а при заражении изолятом 2 — одного рецессивного гена. В семье 3 при заражении двумя изолятами выявлено расщепление близкое к соотношению 7R : 9S, что соответствует присутствию у растений 2 независимых рецессивных генов устойчивости. Один из них был близок по проявлению с рецессивным геном, выявленным в семье 1 по взаимодействию с изолятом 2. Таким образом, в результате изучения взаимодействия трех семей растений с двумя изолятами гриба можно предполагать присутствие у сорта Омский кристалл 1 доминантного и 2 рецессивных расоспецифических генов.

В комбинации Омская 36 х Ангел в семье 1 выявлен один доминантный ген, обеспечивающий иммунитет растений к двум изолятам гриба. При заражении семьи 2 изолятом 1 показано расщепление близкое к соотношению 15R : 1S, что соответствует присутствию двух доминантных независимых генов устойчивости. При заражении семьи 2 изолятом 2 выявлено присутствие одного доминантного гена устойчивости, сходного по проявлению с геном в семье 1. Таким образом, сорт Ангел защищен по крайней мере двумя доминантными генами, из которых один обеспечивает иммунитет к двум, а другой — к одному изоляту *P. tritici*.

Ранее испанскими исследователями было показано, что сорта твердой пшеницы защищены расоспецифическими генами Lr11, Lr16, Lr30 [9]. Используемые в нашей работе изоляты несли гены вирулентности, обеспечивающие преодоление перечисленных генов, но сорта Омская янтарная, Омский кристалл и Ангел оставались устойчивы к болезни. Это свидетельствует о том, что сорта западносибирской селекции были защищены комбинациями других генов устойчивости. Разные результаты взаимодействия растений из отдельных гибридных комбинаций с изолятами показывают, что сорта защищены разными генами устойчивости.

Приведенные выше данные о разделении растений на устойчивые и восприимчивые были получены на основании типов реакции, учитывающих качественные особенности взаимодействия (некроз, хлороз). Однако на всех гибридных растениях, включая восприимчивые, наблюдалось резкое снижение количественных признаков болезни — плотности пустул, определяемой по степени поражения, и их размеров.

Таблица 1
Результаты взаимодействия сортов пшеницы и тетраплоидных межвидовых гибридов
с изолятами *Puccinia tritici*

Сорт, гибридная комбинация, семья	Изолят 1				Изолят 2				Гены устойчивости		
	Тип реакции/ степень поражения, балл/%		Соотношение растений R : S		$\chi^2_{\text{факт}}$	Тип реакции/ степень поражения, балл/%		Соотношение растений R : S		$\chi^2_{\text{факт}}$	
	R*	S**	Фактическое	Теоретическое		R	S	Фактическое			Теоретическое
Омская 36 – стандарт	–	4,0/38,5	0:10	–	–	–	4,0/40,4	0:10	–	–	–
Омская янтарная	0/0	–	10:0	–	–	1,0/18,4	–	10:0	–	–	1 доминантный + 2 рецессивных
Омский кристалл	0/0	–	10:0	–	–	1,8/15,2	–	10:0	–	–	1 доминантный + 2 рецессивных
Ангел	0/0	–	10:0	–	–	0/0	–	10:0	–	–	2 доминантных
Омская 36 х Омская янтарная Семья 1 Семья 2	0/0 1,8/9,4	3,8/15,1 3,9/19,3	6:28 10 : 5	1 : 3 13 : 3	0,98 2,09	– 0,8/3,5	3,6/22,1 3,5/20,3	0 : 34 6 : 9	– 1 : 3	1,80	1 рецессивный 1 доминантный + 1 рецессивный
Омская 36 х Омский кристалл Семья 1 Семья 2 Семья 3	1,1/5,5 0,2/2,4 0/0	4,0/12,2 4,0/18,3 4,0/5,1	12 : 30 27 : 15 15 : 20	1 : 3 3 : 1 7 : 9	0,29 2,57 0,11	1,2/20,1 0/0 1,5/10,2	3,2/24,2 3,5/14,2 3,5/15,3	9 : 33 12 : 30 18 : 17	1 : 3 1 : 3 7 : 9	0,29 0,29 0,84	1 рецессивный 1 доминантный 2 рецессивных
Омская 36 х Ангел Семья 1 Семья 2	0/0 0/0	4,0/5,3 4,0/5,1	19 : 12 31 : 4	3 : 1 15 : 1	3,10 1,60	0/0 0/0	3,8/18,1 3,6/9,3	20 : 11 22 : 13	3 : 1 3 : 1	1,82 2,75	1 доминантный 2 доминантных
НСР _{0,05}	0,3/2,1	0,2/3,2	–	–	–	0,3/4,1	0,6/3,8	–	–	–	–

Примечание: R* — устойчивые, S** — восприимчивые растения.

Таблица 2
Размеры пустул изолятов *Puccinia triticina*
на листьях восприимчивых гибридов пшеницы, мкм²

Сорт, гибридная комбинация, семья	Изолят 1	Изолят 2
Омская 36 — стандарт	1286345	1097677
Омская 36 х Омская янтарная Семья 1 Семья 2	342126 294006	265347 326512
Омская 36 х Омский кристалл Семья 1 Семья 2 Семья 3	234045 166329 137614	216005 122823 153665
Омская 36 х Ангел Семья 1 Семья 2	216345 177256	196576 141579
НСР _{0,05}	26013	38247

Степень поражения в сравнении с восприимчивым сортом мягкой пшеницы снижалась в 2–8 раз, а размеры пустул — в 3,7–7,75 раза (табл. 1, 2). По мнению ведущего голландского фитопатолога Парлевлиета [10], снижение количества и размеров пятен болезни, а также подавление размножения патогена относится к неспецифическим факторам защиты и обеспечивает длительную устойчивость растений.

Таким образом, проведенные исследования показали, что сорта твердой пшеницы западносибирской селекции обладают высокой устойчивостью к бурой ржавчине. С использованием тетраплоидных форм, сочетающих хромосомы *T. aestivum* и *T. durum*, установлено, что сорта твердой пшеницы защищены 2–3 доминантными или рецессивными расоспецифическими генами и комплексом факторов неспецифической устойчивости, подавляющих развитие болезни. Такое сочетание обеспечивает высокую стабильную устойчивость твердой пшеницы к бурой ржавчине.

Библиографический список

1. Санин, С. С. Фитосанитарный мониторинг: современное состояние и пути совершенствования: Проблемы оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства / С. С. Санин // Сб. тр. Всерос. съезда по защите растений. Санкт-Петербург, декабрь 1995. — СПб., 1997. — С. 166–176.
2. Михайлова, Л. А. Устойчивость пшеницы к бурой ржавчине / Л. А. Михайлова // Идентифицированный генофонд растений и селекция. — СПб.: ВИР, 2005. — С. 513–526.
3. Евдокимов, М. Г. Селекция яровой твердой пшеницы в Сибирском Прииртышье: моногр. / М. Г. Евдокимов. — Омск: Сфера, 2006. — 219 с.
4. Mains, E. B. Physiological specialization in the leaf rust wheat *Puccinia triticina* Erikss. / E. B. Mains, E.S. Jackson // Phytopathology. — 1926. V. 16, N 1. — P. 89–120.
5. Peterson R. F. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals / R. F. Peterson, A. B. Campbell, A. E. Hannah // Canadian Journal Research, 1948. — Sec. C., V. 26. — P. 496–500.
6. Михайлова, Л. А. Лабораторные методы культивирования возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* f. sp.

tritici Rob. ex Desm. / Л. А. Михайлова, К. В. Квитко // Микология и фитопатология. — 1970. — Т. 4. Вып. 4. — С. 269–273.

7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М.: Колос, 1985. — 351 с.

8. Flor, H. H. The complementary genic systems in flax and flax rust / H. H. Flor // Advances of Genetics, 1956. — V. 48. N 8. — P. 29–54.

9. Del Olmo A. I. 2.14 Search for resistance to leaf rust in durum wheat germplasm / A. I. Del Olmo, J. C. Sillero, D. Rubiales // Proceedings of the 11th International Cereal Rust and Powdery Mildews Conference. Norwich, England, 22-27 August 2004, abstract 2.14. Cereal Rust and Powdery Mildews Bulletin [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.crpmb.org/icrpmb11/abstracts.htm (дата обращения: 12.03.2012).

10. Parlevliet, J. E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development / J. E. Parlevliet // Annual Review of Phytopathology, 1979. — V. 17. — P. 203–222.

ПЛОТНИКОВА Людмила Яковлевна, доктор биологических наук, профессор (Россия), профессор кафедры селекции, генетики и физиологии растений Омского государственного аграрного университета им. П. А. Столыпина (ОмГАУ).

РУТЦ Рейнгольд Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), руководитель селекционного центра Сибирского НИИ сельского хозяйства (СибНИИСХ), член-корреспондент РАСХН.
ЖАРКОВ Николай Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник сектора генетики СибНИИСХ.

ЕВДОКИМОВ Михаил Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (Россия), заведующий лабораторией селекции твердой пшеницы СибНИИСХ.

ГОРОДЕЦКАЯ Лилия Анатольевна, студентка 43-й группы агрономического факультета ОмГАУ.
 Адрес для переписки: lplotnikova2010@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 12.03.2012 г.

© Л. Я. Плотникова, Р. И. Рутц, Н. А. Жарков,
 М. Г. Евдокимов, Л. А. Городецкая

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА НА КЛУБЕНЬКООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

По фазам развития растений гороха посевного изучены динамика накопления биомассы, формирование листовой поверхности. Показана взаимосвязь влияния гидро-термических условий, условий выращивания на фотосинтетические показатели и формирование симбиотического аппарата. Выявлены перспективные сортообразцы, сочетающие высокие показатели клубенькообразования, фотосинтеза и урожайности в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Ключевые слова: сортообразцы гороха посевного, симбиотический аппарат, фотосинтетические показатели, урожайность.

В условиях современного развития сельского хозяйства, когда особое внимание уделяется проблеме биологизации земледелия, важное значение отводится вопросам фиксации молекулярного азота атмосферы. Актуальность данной проблемы обусловлена не только определяющей ролью этого процесса в азотном балансе биосферы, но и тем, что именно микробное связывание молекулярного азота является единственным путем снабжения растений азотом, не ведущим к нарушению экологической среды. Следовательно, с помощью данного процесса возможно сокращение объемов применения минерального азота при одновременном снижении энергетических затрат на производство продукции растениеводства [1, 2].

Поступление биологического азота в конкретный агроценоз определяется эффективным симбиозом бобовых культур с клубеньковыми бактериями, азотонакопление может сильно изменяться в зависимости от условий роста растений [3]. На взаимоотношения между бобовыми растениями и азотфиксаторами в полевых условиях влияют генотип растения, видовой состав, численность и активность азотфиксирующих организмов, свойства почвы, ее водный, температурный режим, а также уровень агротехники.

По результатам исследований, проведенных ранее, установлено, что масса клубеньков возрастает пропорционально увеличению площади листьев и

скорости накопления растениями продуктов фотосинтеза [4, 5]. Также установлено, что величина суточной интенсивности фотосинтеза в течение вегетации тесно коррелирует с динамикой массы клубеньков. Максимум интенсивности фотосинтеза у некоторых зернобобовых культур совпадает с максимумом массы клубеньков, что подчеркивает тесную взаимосвязь этих двух физиологических процессов [4, 6].

Поэтому изучение взаимосвязи процессов азотфиксации и фотосинтеза имеет важное значение, как для получения высоких устойчивых урожаев, так и для обогащения почвы биологическим азотом.

Целью исследования является выявление сортообразцов гороха, сочетающих высокие показатели клубенькообразования, фотосинтеза и продуктивности зерна в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

В качестве объекта исследований использовали 5 сортообразцов гороха посевного различных морфотипов: Омский 7, Омский 9, Благовест, Демос, Л 37/03. Исследования проводились в 2010–2011 гг. на полях лаборатории селекции зернобобовых культур ГНУ СибНИИСХ в южной лесостепи Западной Сибири.

Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным среднемощным тяжелосуглинистым с пахотным горизонтом 25–30 см, содержанием гумуса 6,3–6,5 %, суммой поглощенных оснований

Физиологические показатели растений гороха (в среднем за 2010–2011 гг.)

Таблица 1

Показатель	Омский 7	Омский 9	Благовест	Демос	Л 37/03
Фаза полные всходы					
Высота растения, см	12,29	15,42	13,72	13,27	14,80
Масса всего растения (без корня), г	1,60	2,43	2,37	2,71	2,07
Количество узлов, шт.	5,37	6,53	5,87	6,80	5,97
Масса зеленых листьев с прилистниками, г	0,99	1,68	1,63	1,81	1,42
Масса репродуктивных органов (бутонов, лопаток), г	—	—	—	—	—
Фаза начало цветения					
Высота растения, см	60,34	66,10	54,97	34,50	56,20
Масса всего растения (без корня), г	13,77	13,70	14,78	11,33	12,98
Количество узлов, шт.	12,90	14,00	12,57	14,03	13,40
Масса зеленых листьев с прилистниками, г	8,51	7,88	9,26	7,10	8,13
Масса репродуктивных органов (бутонов), г	0,36	0,50	0,65	0,40	0,37
Фаза цветение					
Высота растения, см	79,54	76,57	66,52	39,94	69,90
Масса всего растения (без корня), г	16,85	17,55	21,28	17,03	20,23
Количество узлов, шт.	15,30	16,24	14,84	16,54	16,40
Масса зеленых листьев с прилистниками, г	7,35	9,77	12,33	10,55	12,12
Масса репродуктивных органов (бутонов, лопаток), г	1,50	1,55	2,23	1,13	1,42
Фаза конец цветения					
Высота растения, см	88,07	82,30	68,34	45,84	73,34
Масса всего растения (без корня), г	22,01	24,96	26,20	23,06	23,70
Количество узлов, шт.	16,04	17,07	14,94	16,47	15,37
Масса зеленых листьев с прилистниками, г	6,80	9,51	10,95	10,46	9,63
Масса репродуктивных органов (лопаток), г	8,04	7,88	8,18	6,11	7,90

26–48 мг экв./100 г, $pH_{\text{соль}}$ — 6,5–6,7 (по данным лаборатории агрохимии СибНИИСХ).

Полевые опыты закладывались на делянках площадью 10 м², повторность опыта трехкратная, размещение делянок рендомизированное. Предшественник — яровая пшеница после кукурузы, норма высева — 1,2 млн всхожих зерен на гектар. Посев проводили сеялкой ССФК-7,0; уборку — комбайном «Херс 125» в фазу полной спелости.

Агротехника — общепринятая для зоны. Учет урожайности зерна проводился сплошным обмолотом делянок с приведением к базисной влажности и 100 % чистоте. Учет количества, массы азотфиксирующих клубеньков и расчет показателя активный симбиотический потенциал (АСП) проводили по методике Г. С. Посыпанова (1983), расчет показателей интенсивности фотосинтеза по методике Ничипоревича А. А. (1969). Агрометеорологические условия в годы исследований изучались по материалам наблюдений Омской метеорологической станции.

Весеннее обследование опытного поля показало, что в условиях отчетных периодов запас продуктивной влаги перед посевом зернобобовых культур в

пахотном слое почвы (0–20 см) по шкале увлажнения почвы (по А. М. Ильину) соответствует градации — недостаточно влажная. Метровый слой почвы характеризовался как умеренно влажный.

Обеспеченность верхнего 40-сантиметрового слоя почвы нитратным азотом весной перед посевом в 2010 г. была низкая, в 2011 г. — средняя. Обеспеченность подвижным фосфором в 2010 г. — высокая, в 2011 г. — средняя, а обменным калием в 2010 г. была очень высокая, в 2011 г. — повышенная.

В ходе проведенных исследований были получены экспериментальные данные, позволяющие провести сравнительную оценку сортов гороха.

При анализе физиологических данных установлено, что сорта Омский 7 и Благовест более интенсивно наращивают биологическую массу и в фазе бутонизации отличаются высокой массой как самого растения, так и массой зеленых листьев с прилистниками — главного аппарата фотосинтеза. Другие сорта образцы характеризуются постепенным наращиванием биологической массы к фазе цветения, здесь можно выделить сорта образцы Демос и Л 37/03 (табл. 1).

Таблица 2

Динамика формирования симбиотического аппарата на корнях растений сортообразцов гороха

Сортообразец	Год	Фаза бутонизации			Фаза цветения			Фаза плодобразования		
		количество клубеньков, шт./растение	масса клубеньков, мг/растение	АСП, кг/сут./га	количество клубеньков, шт./растение	масса клубеньков, мг/растение	АСП, кг/сут./га	количество клубеньков, шт./растение	масса клубеньков, мг/растение	АСП, кг/сут./га
Омский 7	2010	40,7	360	5616,0	17,3	140	1344,0	25,2	140	1176,0
	2011	18,4	16	278,4	8,8	49	397,9	14,6	4	37,1
	Среднее	29,5	190	2947,2	13,1	100	870,9	19,9	72	606,6
	2010	26,5	160	2798,1	27,8	130	852,5	7,5	26	198,9
Омский 9	2011	16,5	19	345,0	5,8	22	141,0	12,6	8	51,3
	Среднее	21,5	90	1571,5	16,8	80	496,8	10,1	17	125,1
	2010	36,3	400	5779,2	16,3	230	1661,5	26,7	70	505,7
	2011	21,9	140	1720,3	7,4	13	69,9	12,2	2	9,22
Благовест	Среднее	30,1	270	3749,8	11,9	120	865,8	19,5	36	257,5
	2010	23,2	240	4133,0	17,8	250	1266,3	12,7	100	810,4
	2011	12,3	9	102,8	17,0	177	1516,5	20,2	21	159,9
	Среднее	17,7	130	2117,9	17,4	210	1391,4	16,4	51	485,2
А 37/03	2010	24,3	220	2724,5	21,3	410	3385,0	25,7	50	464,4
	2011	18,9	77	1246,8	12,8	53	375,5	17,4	52	368,4
	Среднее	21,6	150	1985,6	17,1	230	1880,2	21,5	51	416,4
	Среднее по опыту	24,1	166	2474,4	15,3	148	1101,0	17,5	47,4	378,2

Таблица 3

Показатели интенсивности фотосинтеза

Сорт/образец	Год	Фаза бутонизации			Фаза цветения			Фаза плодобразования			
		ИАП, м ² /м ²	ФП, тыс. м ² /га-сут.	ЧПФ, г/м ² -сут.	ИАП, м ² /м ²	ФП, тыс. м ² /га-сут.	ЧПФ, г/м ² -сут.	ИАП, м ² /м ²	ФП, тыс. м ² /га-сут.	ЧПФ, г/м ² -сут.	ЧПФ, г/м ² -сут.
Омский 7	2010	259,6	337,49	0,08	250,7	2005,4	0,04	386,8	2707,2	0,11	0,11
	2011	381,9	571,48	0,04	499,8	3498,6	0,07	352,1	2601,1	0,07	0,07
	Среднее	320,3	454,49	0,06	375,2	2750,7	0,06	369,5	2654,2	0,09	0,09
Омский 9	2010	241,8	386,80	0,08	238,6	1431,5	0,05	222,7	1559,6	0,074	0,074
	2011	146,9	2481,6	0,07	217,7	1305,9	0,15	284,6	1707,6	0,09	0,09
	Среднее	193,9	3174,8	0,08	228,1	1368,7	0,10	253,6	1633,1	0,12	0,12
Благовест	2010	200,2	2800,1	0,02	245,6	1719,3	0,13	286,3	1654,3	0,08	0,08
	2011	149,4	2389,6	0,07	186,4	1394,8	0,09	193,9	1163,2	0,09	0,09
	Среднее	174,8	2594,9	0,05	216,9	1512,1	0,11	215,1	1409,8	0,09	0,09
Демос	2010	150,9	2566,0	0,07	168,2	840,8	0,08	223,9	1791,0	0,16	0,16
	2011	143,9	1726,5	0,10	220,4	1983,9	0,12	177,0	1415,7	0,09	0,09
	Среднее	147,4	2146,3	0,09	194,3	1412,4	0,10	200,4	1603,3	0,13	0,13
А 37/03	2010	180,8	2169,1	0,10	238,3	2066,4	0,07	242,8	2184,8	0,08	0,08
	2011	185,3	2965,4	0,08	307,9	2155,2	0,11	239,4	1676,0	0,04	0,04
	Среднее	183,1	2567,3	0,09	283,1	2110,8	0,09	241,1	1930,4	0,06	0,06
Среднее по опыту		203,9	3005,6	0,07	259,3	1830,9	0,09	255,9	2703,4	0,10	0,10

Таблица 4

Характеристика сортообразцов гороха по основным хозяйственно-ценным признакам (в среднем за 2010–2011 гг.)

Показатель	Сортообразец					
	Омский 7	Омский 9	Благовест	Демос	Л 37/03	Среднее по сортам
Высота, см	83,40	83,44	62,87	44,55	63,04	67,46
Масса растения, г	7,60	10,28	8,03	6,27	7,89	8,01
Количество плодоносов, шт.	4,34	2,90	1,97	1,94	2,30	2,69
Количество бобов, шт.	7,00	5,04	3,80	3,39	3,64	4,57
Количество семян, шт.	25,74	22,38	13,07	12,97	16,30	18,09
Масса семян, г	3,22	4,54	3,67	2,76	3,81	3,60
Масса тысячи семян, г	127	203	255	212	229	205,2
Урожайность, т/га	3,13	2,61	2,67	2,04	2,87	2,66
$K_{хоз}$, %	39,75	31,00	35,74	32,57	33,02	34,42

НСР₀₅: 2010 г. — 0,31; 2011 г. — 0,29.

Динамика образования симбиотического аппарата у сортов гороха за годы исследований представлена в табл. 2.

Проведенные исследования показали, что максимальное развитие симбиотического аппарата отмечалось в фазы бутонизации и цветения, в среднем по сортам формировалось 24,1 и 15,3 шт. клубеньков на растении соответственно (табл. 2). В фазу плодобразования отмечалось 17,5 шт. клубеньков, однако с очень незначительной массой, что в свою очередь отразилось на низком показателе активного симбиотического потенциала (АСП), который учитывает массу клубеньков и продолжительность их функционирования. Активный симбиотический потенциал показывает влияние отдельных факторов среды на активность симбиоза, поскольку они оказывают большее влияние на массу клубеньков с леггемоглобином, чем на общую массу клубеньков. Как видно из приведенных экспериментальных данных (табл. 2), сорта Благовест и Омский 7 формируют мощный симбиотический аппарат в фазу бутонизации — количество клубеньков на одно растение 30,1 и 29,6 шт. соответственно. Сорт Демос и сортообразец Л 37/03 формируют большое количество крупных клубеньков в фазу цветения, что связано с интенсивным ростом биологической массы в этот период.

За годы проведенных исследований выявлено, что условия гидротермического обеспечения вегетационного периода наиболее благоприятными для формирования симбиотического аппарата наблюдались в 2010 г. Однако в 2011 г. в результате значительной концентрации нитратного азота в почве (12,8 мг/кг в слое 0–40 см перед посевом), низкого содержания продуктивной влаги в почве в различные фазы (5,5–11,9 мм в слое 0–20 см) на корнях растений гороха образовалось небольшое количество клубеньков с низкой массой.

По данным ряда авторов, процессы симбиотической азотфиксации и ассимиляции солнечной энергии взаимобусловлены [5, 6].

Рассчитаны показатели интенсивности фотосинтеза (табл. 3): индекс листовой поверхности (ИЛП), который характеризует размер фотосинтетического аппарата и площадь листьев, приходящуюся на 1 м² посевов. Наибольший индекс листовой поверхности отмечен во все фазы у сорта Омский 7, что обусловлено его листочковым типом. Среди сортов с усатым морфотипом максимальный индекс листовой поверхности в фазу бутонизации характерен для сортов

Омский 9 и Благовест, а в фазу цветения для сортообразца Л 37/03.

С величиной площади листьев и продолжительностью их функционирования тесно связан фотосинтетический потенциал (ФП), который является обобщающим показателем, определяющим степень благоприятности систем удобрений, норм высева, ухода за посевами, водного режима почвы и т.д. для роста и развития сельскохозяйственных культур. Высокие показатели фотосинтетического потенциала свидетельствуют о большой потенциальной возможности сортов формировать урожай зеленой массы и семян. Среди всех сортов в фазу бутонизации максимальное значение ФП отмечено у сортов Омский 7 и Омский 9, в фазу цветения — у Благовеста и Л 37/03, что связано с нарастанием массы зеленых листьев у данных сортов в эти фазы.

Наряду с ФП величину урожая определяет и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) — показатель, характеризующий эффективность работы листовой поверхности. Максимальное значение данного показателя в период бутонизации было отмечено у сортообразцов Демос, Л 37/03 и Омский 9, а в фазу цветения — у Благовеста, Демоса и Л 37/03.

Для сравнительной оценки особенностей формирования семенной продуктивности у сортов определяют уборочный индекс ($K_{хоз}$), который отражает выход зерна из общей биомассы растений. Основным фактором, определяющим эту величину, является распределение фотосинтетического потенциала посевов по межфазным периодам, связанное с продолжительностью этих периодов и деятельностью листового аппарата растений. Наибольший уборочный индекс отмечен у сортов Омский 7 (39,8 %), Благовест (35,74 %) и Л 37/03 (33,02 %), что говорит о высокой степени использования продуктов фотосинтеза и корневого питания на налив зерна во второй половине вегетационного периода, а также регуляции веществ из вегетативных органов (табл. 4).

Стабильная урожайность — это результат адаптивности сорта к условиям возделывания, изменяющимся в довольно широком диапазоне. Урожайность в 2010–2011 гг. варьировала по сортам, максимальные значения данного показателя отмечены у сортообразцов Омский 7, Благовест и Л 37/03, 3,13–2,67 т/га (табл. 4).

Таким образом, за счет элементов структуры урожайности, которые обеспечиваются фотоассимиляционной активностью и клубенькообразующей

способностью формируется высокая урожайность. По результатам сортоизучения следует, что по комплексу изучаемых признаков были выделены следующие сортообразцы: Омский 7, Благовест и Л 37/03, также следует отметить сорт Демос, который характеризуется достаточно высокими показателями интенсивности фотосинтеза, а по данным 2011 г., наивысшими показателями клубенькообразующей способности. У данного сорта наблюдаются высокие значения уборочного индекса и чистой продуктивности фотосинтеза, что свидетельствует о хорошей удельной производительности листового аппарата при относительно низкой высоте растения 45,8 см.

Библиографический список

1. Вишнякова, М. А. Генофонд зернобобовых культур и адаптивная селекция как факторы биологизации и экологизации растениеводства / М. А. Вишнякова // С.-х. биология. — 2008. — № 3. — С. 3—23.
2. Озякова, Е. Н. Урожайность и особенности формирования симбиотического аппарата у сортообразцов зернобобовых культур в южной лесостепи Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Екатерина Николаевна Озякова. — Тюмень, 2009. — 19 с.
3. Мишустин, Е. Н. Симбиотическая фиксация азота / Е. Н. Мишустин // Известия АН СССР. Сер. Биологическая. — 1962. — № 5. — С. 685—699.
4. Посыпанов, Г. С. Интенсивность фотосинтеза у сои и фасоли в зависимости от величины симбиотического аппарата / Г. С. Посыпанов, Г. Х. Джамро, Т. П. Кобозева // Известия ТСХА. — 1986. — № 5. — С. 19—24.
5. Романов, В. И. Взаимосвязь процессов азотфиксации и фотосинтеза в бобовом растении / В. И. Романов // Биологи-

ческая фиксация молекулярного азота. — Киев : Наукова думка, 1985. — С. 147—154.

6. Бжеумыхов, В. С. Научное обоснование повышения эффективности возделывания люцерны на основе интенсификации и рационального использования симбиотической азотфиксации : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Владимир Сафарбиевич Бжеумыхов. — Орел, 2008. — 40 с.

ПОПОЛЗУХИНА Нина Алексеевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), заведующая кафедрой экологии и биологии, профессор кафедры экологии и биологии Омского государственного аграрного университета им. П. А. Столыпина (ОмГАУ).

МАКУШИНА Ирина Геннадьевна, старший лаборант кафедры уголовного права и криминалистики Омской академии МВД РФ, аспирантка кафедры экологии и биологии ОмГАУ.

ОЗЯКОВА Екатерина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры экологии и биологии ОмГАУ.

ОМЕЛЬЯНЮК Людмила Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), старший научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культуры Сибирского НИИ сельского хозяйства, доцент кафедры землеустройства ОмГАУ.

ОБУХОВА Анастасия Владимировна, инженер-лаборант кафедры экологии и биологии, аспирантка кафедры экологии и биологии ОмГАУ.

Адрес для переписки: 644008, г. Омск, Институтская пл., 2.

Статья поступила в редакцию 27.02.2012 г.

© Н. А. Поползухина, И. Г. Макушина, Е. Н. Озякова, Л. В. Омелянюк, А. В. Обухова

Книжная полка

Бекенёв, В. А. Технология разведения и содержания свиней : учеб. пособие для вузов / В. А. Бекенёв. — М. : Лань, 2012. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1257-0.

В настоящем учебном пособии излагаются актуальные проблемы свиноводства, наиболее интересующие специалистов в современных условиях. За основу взят анализ накопленных к данному времени теоретических и прикладных исследований, проведенных в нашей стране и за рубежом, а также опыт многолетних собственных экспериментов автора. При этом значительное внимание уделяется освещению приемов генетики, селекции, воспроизводства, технологии содержания свиней в свете современных достижений науки. В частности, показаны наиболее оптимальные пути оценки племенных качеств животных, поиска и использования генетических маркеров, создания новых селекционных достижений на примере выведения самого скороспелого в нашей стране новосибирского типа свиней крупной белой породы. Особое внимание уделено выяснению биологической сущности явления гетерозиса и инбредной депрессии, на которых основаны приемы подбора пар, скрещивания разных пород для получения наибольшего эффекта разведения. Подробно освещены методы содержания холостых и супоросных маток, хряков; приема опоросов; ухода за подсосными матками и поросятами; выращивания отъемышей, ремонтного молодняка и откорма свиней. Отдельная глава посвящена разработке проектно-технологических решений свиноводческих ферм и комплексов с интенсивным производством, основанных на современных достижениях науки по содержанию животных, механизации производственных процессов и строительства животноводческих помещений. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям «Зоотехния» и «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». Также может использоваться аспирантами, научными сотрудниками, специалистами по свиноводству, предпринимателями.

СОЗДАНИЕ АДАПТИВНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Представлены сорта яровой мягкой пшеницы, характеризующиеся высокой урожайностью зерна с хорошими мукомольными и хлебопекарными свойствами, устойчивостью к засухе, полеганию, поражению твердой, пыльной головней и бурой ржавчиной. Для получения исходного материала были использованы химические и физические мутагены, проведены межсортные, мутантно-сортные и межмутантные скрещивания.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, адаптивный сорт, мутагенез.

В целях выполнения статьи 8 Федерального закона от 29.12.2006 г. «О развитии сельского хозяйства» и в соответствии с поручением Правительства Российской Федерации от 30.11.2010 г. «О подготовке проектов Государственных программ Российской Федерации» Минсельхозом России разработан проект Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2010–2014 годы. В качестве стратегических целей Государственной программы на 2013–2020 гг. определены следующие:

- обеспечение продовольственной независимости страны в параметрах, заданных Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации;
- повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках на основе инновационного развития АПК;
- обеспечение финансовой устойчивости товаропроизводителей АПК;
- воспроизводство и повышение эффективности использования в сельском хозяйстве земельных и других природных ресурсов, экологизация производства;
- устойчивое развитие сельских территорий [1–3].

Важным фактором экологизации производства может стать создание и внедрение в производство адаптивных к конкретным условиям возделывания сортов сельскохозяйственных культур, что, в свою очередь, позволит обеспечить продовольственную безопасность России и Западно-Сибирского региона в частности.

Повышение устойчивости и продуктивности агроэкосистем при большом разнообразии почвенно-климатических условий России, и в Западно-Сибир-

ском регионе в частности, было всегда важно, однако в XXI веке, когда все более возрастает негативное воздействие абиотических и биотических стрессов на сельскохозяйственные культуры, эта проблема становится приоритетной для агропромышленного комплекса и ее значение еще больше возрастает при прогнозируемом глобальном изменении климата. К настоящему времени становится очевидным, что негативное антропогенное воздействие на природную среду и биосферные процессы уже выходит за пределы биологической приспособленности природных агроэкосистем и создает угрозу жизни и здоровью человека, поэтому решение этой проблемы приобретает особое значение [4].

Начиная с 70-х годов прошлого века внимание мировой общественности было привлечено к опасности надвигающегося кризиса, сопряженного с загрязнением атмосферы и разрушением озонового слоя, защищающего все формы жизни на Земле от ультрафиолетового излучения Солнца. Истощение озонового слоя сопровождается повышением проникающей на Землю радиации. Теплоудерживающая способность разрушающих озон веществ (хлорфторуглероды), которые поступают в атмосферу в процессе производственной деятельности, в 1800 раз выше, чем таковая двуокиси углерода, а это обуславливает парниковый эффект и, как следствие, засуху.

В российско-американском докладе «Предстоящие изменения климата» отмечена необходимость повышения эффективности мероприятий, направленных на предстоящие климатические изменения, в том числе интенсификация исследований по выведению новых сортов сельскохозяйственных культур, наименее восприимчивых к повышению температуры окружающей среды и засухе [4].

Наблюдающиеся уже сегодня изменения климата проявились и в том, что начало нового тысячелетия ознаменовалось чрезмерным выпадением осадков

в Западно-Сибирском регионе, что обнажило проблему устойчивых к болезням, и прежде всего к бурой ржавчине, сортов яровой пшеницы. Оказалось, что в Омской области площади под устойчивыми к этому заболеванию сортами едва достигают 10 %. Вредоносность листостебельных патогенов резко возросла при внедрении интенсивных технологий возделывания зерновых культур, что требовало применения химических средств защиты растений. Все это повлекло за собой вложения не только огромных средств, но и нанесло и продолжает наносить огромный ущерб биоценозам и здоровью человеческой популяции. Н. И. Вавилов считал, что самым целесообразным способом борьбы с болезнями является использование естественного иммунитета. Поэтому сегодня экологически и экономически выгодным способом повышения урожайности и снижения потерь является создание и использование в производстве резистентных сортов.

Урожайность сельскохозяйственных культур, как отмечал еще в начале 20-го столетия Д. Ацци, — это результат устойчивости растений к отрицательным экологическим факторам с одной стороны и собственно их урожайные свойства с другой. При селекции пшеницы на высокую урожайность, по мнению В. П. Кузьмина, необходимо отбирать формы с выраженной способностью максимально использовать имеющиеся агроклиматические ресурсы зоны. При этом первоочередное значение имеет оптимальная «пригнанность» морфобиологических, физиологических признаков и свойств сорта к условиям внешней среды.

Омская область представлена четырьмя почвенно-климатическими зонами. Основными лимитирующими факторами здесь являются общий дефицит влаги во время вегетации, нередко чрезмерное выпадение осадков в период формирования зерна и уборки урожая, высокие среднесуточные температуры воздуха. В этих условиях создаваемые сорта яровой пшеницы должны быть засухоустойчивыми, максимально использовать увлажнение и в то же время быть устойчивыми к полеганию и поражению ржавчиной. Изучение особенностей адаптации различных сортов к локальным условиям произрастания позволяет выявить наиболее благоприятную экологическую нишу для того или иного сорта, определить набор сортов для конкретной почвенно-климатической зоны [5].

Современная селекция растений, по мнению А. А. Жученко, — это научно-обоснованная технология управления наследственностью и изменчивостью с целью непрерывного увеличения их продуктивных и средообразующих возможностей, функционально объединяет этапы мобилизации генофонда, самой селекции, сортоиспытания и семеноводства, агроэкологического районирования и конструирования агроэкосистем.

Селекция яровой пшеницы в лаборатории экспериментального мутагенеза СибНИИСХ (ныне селекции озимых культур) была начата в 1979 году. С целью получения исходного материала были использованы химические и физические мутагены, проведение межсортовых, мутантно-сортовых, межмутантных и аллоцитоплазматических скрещиваний. Созданный генофонд яровой пшеницы изучался во всех звеньях селекционного процесса. Изучение образцов в питомнике конкурсного сортоиспытания проводилось при посеве в два срока (14–15 мая и 24–25 мая), использовался посев по двум предшественникам: пару и зерновым. Важную роль в выявлении

адаптивных форм сыграло испытание новых сортов в различных зонах области: тайге и подтайге (Тарская СХОС), степной зоне (ОП «Степной» ОПХ «Новоуральское»), южной лесостепи (опытные поля СибНИИСХ). Сотрудничество с лабораторией иммунитета СибНИИСХ (использование доноров устойчивости, оценка образцов на инфекционном фоне), позволило создать сорта, устойчивые к болезням. Благодаря совместным исследованиям с лабораторией качества зерна удалось получить селекционные образцы, удачно сочетающие высокие продуктивность и качество зерна.

Созданные сорта яровой мягкой пшеницы характеризуются высокой урожайностью зерна с хорошими мукомольными и хлебопекарными свойствами, устойчивостью к засухе, полеганию, поражению твердой, пыльной головней и бурой ржавчиной.

Росинка (Мутант 595). Сорт создан методом индивидуального отбора из мутантной популяции Сибакковская 3, гамма-лучи, 7,5 кр. Разновидность лютеценс. По длине вегетационного периода относится к среднеранней группе (68–73 дня), является носителем доминантных генов $Vm\ 1$ и $Vm\ 2$, почти нейтрален к фотопериоду. Максимально использует влагу при посеве в подтаежной зоне, отличается дружным созреванием и засухоустойчивостью. Устойчив к полеганию, в меньшей степени по сравнению со стандартами поражается пыльной и твердой головней. Средняя урожайность за годы испытания составила 37,1 ц/га, превышение над стандартами Омская 12 и Тулунская 12 4,7–4,8 ц/га. Максимальная урожайность — 69,0 ц/га была получена в АО «Черняевское» Омской области в 1992 г. По качеству зерна сорт находится на уровне стандартов.

По сорту Росинка налажено семеноводство. Сорт возделывается в ОПХ им. Фрунзе, Тарской СХОС, АО «Черняевское» Тарского района Омской области, в Красноярском крае и в Республике Саха. Является стандартом для зоны тайги и подтайги Омской области.

С 1997 г. сорт Росинка включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Западно-Сибирскому региону.

Росинка 2 (Мутант 629). Сорт создан индивидуальным отбором из мутантной популяции, полученной воздействием этиленимина (ЭИ) на сорт яровой мягкой пшеницы Целинная 21. Разновидность лютеценс. Среднеспелый (70–90 дней), устойчивость к полеганию выше средней, засухоустойчив, практически не поражается твердой головней, в сухие годы устойчив к мучнистой росе.

Средняя урожайность в Западно-Сибирском регионе составила 20,8 ц/га. В условиях степи и лесостепи Омской области урожайность колеблется от 19,0 до 34,0 ц/га, или на 1,0–4,0 ц/га выше стандарта. Максимальная урожайность 52,9 ц/га была получена в 1997 г. в Тюменской области. По качеству зерна сорт включен в список сортов сильной пшеницы, особенностью его является стабильное по годам формирование зерна высокого качества.

Сорт Росинка 2 включен в Госреестр селекционных достижений России с 1999 г. по Западно-Сибирскому региону.

В 2002 г. сорт включен в Госреестр селекционных достижений России.

Росинка 3. Сорт создан путем отбора из мутантно-сортовой популяции М 112 х Иртышанка 10. Разновидность лютеценс. Относится к группе среднепоздних сортов (79–85 дней). Высокоустойчив к полеганию, в меньшей степени по сравнению со стандартом

Омская 9 поражается бурой ржавчиной, пыльной и твердой головней.

Средняя урожайность за годы испытания при посеве по пару составила 31,2 ц/га, по зерновым — 27,2 ц/га, или на 7,4; 5,9 ц/га соответственно выше по отношению к стандарту. Испытание Росинки 3 на сортоучастках Акмолинской области Казахстана также подтвердило его преимущества, прибавка урожайности варьировала от 1,4 до 5,6 ц/га. Новый сорт отличается высокими показателями качества зерна: белок — 14,9 %; клейковина — 30,0 %, сила муки — 385 е. а.; объемный выход хлеба — 1077 см³, включен в список сильных пшениц.

Сорт Росинка 3 включен в Государственный реестр селекционных достижений Республики Казахстан по Акмолинской области с 2004 года.

Светланка. Сорт выведен путем многократного индивидуального отбора из гибридной популяции Омская 23 х Целинная 26. Разновидность лютесценс. Относится к среднеранней группе спелости (74–78 дней). Устойчив к полеганию и осыпанию, в меньшей степени, чем стандарт Памяти Азиева, поражается пыльной и твердой головней. По результатам лабораторной оценки *in vitro* новый сорт характеризуется высокой степенью засухоустойчивости, как на раннем этапе развития растений, так и в целом за вегетационный период. Средняя урожайность сорта при посеве по пару составила 27,0 ц/га (+6,4 ц/га к стандарту), по зерновым — 24,3 ц/га (+3,9 ц/га). В экологическом сортоиспытании Алтайского селекцентра Светланка обеспечила урожайность 42,6 ц/га, или на 7,7 ц/га выше в сравнении со стандартом Алтайская 92. Подтвердило преимущества сорта и Госсортоиспытание по Алтайскому краю. На сортоучастках Кемеровской области получен урожай от 26,0 до 31,2 ц/га, или на 2,5–7,6 ц/га выше стандарта. В Кемеровской области новый сорт превысил стандарт Тулунская 12 на 4,3–14,7 ц/га. На сортоучастках Омской области была получена урожайность от 22,7 до 45,9 ц/га (средняя прибавка составила 4,3 ц/га). В Иркутской области превышение над стандартом составило 4,3–14,7 ц/га. При испытании в Красноярском НИИСХ сорт сформировал урожайность 46,8 ц/га, в то время как сорт Скала — 30,5 ц/га.

Сорт Светланка включен в Госреестр селекционных достижений России в 2004 году, а в 2006 г. — в Госреестр Республики Казахстан.

Катюша. Получен в результате многократного индивидуального отбора из мутантно-сортовой популяции (М717хВ2612)хМ769. Разновидность лютесценс. Сорт среднераннего типа (75–90 дней). Устойчив к полеганию и осыпанию. На искусственном фоне заражения значительно превосходит стандарт по устойчивости к пыльной и твердой головне. Урожайность зерна за годы испытания (2001–2003) составила 28,1 ц/га (+3,9 ц/га к стандарту), с колебаниями по годам 16,8–41,5 ц/га. Характеризуется стабильным по годам формированием высококачественного зерна с содержанием белка 16,3 %, клейковины — 31,5 %, силой муки 390 е. а., объемным выходом хлеба 1118 см³. С 2008 года сорт Катюша включен в Госреестр селекционных достижений России.

Лавруша. Создан путем отбора из мутантно-сортовой популяции Мутант 802хЛиния 4042/93. Разновидность лютесценс. Сорт среднепозднего типа. Отличается абсолютной устойчивостью к бурой ржавчине, устойчив к полеганию. Урожайность зерна за годы испытания (2003–2005) составила 32,9 ц/га, или на 2,8 ц/га выше стандарта Омская 18. Зерно

крупное (38,8 г) с содержанием белка до 17,6 %, клейковины — до 38,4 %. По хлебопекарным качествам уступает стандарту. Рекомендован для использования в комбикормовой промышленности, в птицеводстве и свиноводстве, а также для мукомольной промышленности с добавлением 10–15 % муки сильной пшеницы. Принят на государственное сортоиспытание с 2006 г. В 2009 г. на сорт получен патент.

Серебристая. Сорт создан из мутантно-сортовой популяции {(ОмсХИ 6хЗаволжская)х[Росинка х Лютесценс 717 (Лютесценс 65,НДММ 0,05)]}. Среднепозднего типа, устойчив к пыльной головне, засухоустойчив, в меньшей степени поражается твердой головней. Средняя урожайность сорта по пару 2,65 т/га, или на 0,22 т/га выше стандарта Омская 35. При посеве по предшественнику зерновые — 2,57 т/га, или на 0,21 т/га больше стандарта. Максимальная урожайность сорта 3,91 т/га получена в 2006 г. в ОТК отдела семеноводства ГНУ СибНИИСХ при посеве по пару, прибавка составила 0,45 т/га. При испытании на ОП «Степной» сорт сформировал урожайность 2,94 т/га (в среднем за 2002–2004 гг.), превысив стандарт на 0,72 т/га. По мукомольно-хлебопекарным свойствам сорт отвечает требованиям, предъявляемым к ценным пшеницам. Превышает стандарт по натуре и стекловидности зерна, силе муки. Стабильно формирует зерно хорошего качества, в том числе в годы с избыточным увлажнением. В 2011 г. сорт включен в Госреестр селекционных достижений РФ.

Мелодия. Сорт создан методом аллоцитоплазматического скрещивания (Омска 19 (А.е.Сylindrica)х Лютесценс 6747). Относится к группе среднеспелых сортов. Отличается устойчивостью к пыльной головне, высокоустойчив к полеганию. Средняя урожайность сорта по пару по данным оригинатора составила 2,51 т/га, что выше стандарта на 0,49 т/га. Испытание нового сорта в отделе семеноводства СибНИИСХ показало, что при посеве по пару его урожайность в среднем за 2008–2010 гг. составила 3,72 т/га, что на 1,16 т/га больше, чем у стандарта. При посеве по предшественнику зерновые сорт сформировал урожайность 2,77 т/га с прибавкой 0,86 т/га.

Таким образом, имеющийся набор созданных сортов отличается значительным генетическим разнообразием, широкими адаптационными возможностями, может быть привлекателен для товаропроизводителей по показателям урожайности, качества зерна, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам Западно-Сибирского региона.

Библиографический список

1. Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 годы : государственная программа. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://msh.omskportal.ru/ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MSH/celev/federal.html>. (дата обращения: 18.02.2012).
2. Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Омской области (2010–2014 годы) : долгосрочная целевая программа Омской области. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://msh.omskportal.ru/ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MSH/celev/federal.html>. (дата обращения: 18.02.2012).
3. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 июля 2010 г. № 1120-р г. Москва.

[Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sibfo.ru/strategia/strdoc.php>. (дата обращения: 18.02.2012).

4. Жученко, А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. — Кишинев, 2004. — 148 с.

5. Шмакова, О. А. Адаптивность яровой мягкой пшеницы в условиях Среднего Прииртышья : моногр. / О. А. Шмакова, Н. А. Поползухина. — Омск, 2008. — 108 с.

ПОПОЛЗУХИНА Нина Алексеевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), заведующая кафедрой экологии и биологии Омского государственного аграрного университета им. П. А. Столыпина (ОмГАУ).

РУТЦ Рейнгольд Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), руководитель селекционного центра Сибирского НИИ сельского хозяйства (СибНИИСХ), член-корреспондент РАСХН.

КРОТОВА Людмила Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур ОмГАУ.

ЛЕУШКИНА Виктория Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экономики и управления сельскохозяйственным производством ОмГАУ.

ШМАКОВА Ольга Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры защиты растений ОмГАУ.

МАЗЕПА Надежда Григорьевна, аспирантка кафедры экологии и биологии ОмГАУ.

Адрес для переписки: 644008, г. Омск, Институтская пл., 2.

Статья поступила в редакцию 20.02.2012 г.

© Н. А. Поползухина, Р. И. Рутц, Л. А. Кротова,

В. В. Леушкина, О. А. Шмакова, Н. Г. Мазепа

УДК 633.86

**А. Ф. СТЕПАНОВ
А. В. МИЛАШЕНКО
А. С. ГАРАГУЛЬ**

Омский государственный аграрный
университет им. П. А. Столыпина

Администрация Полтавского
муниципального района Омской области

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ЗАЩИТЫ ПОСЕВОВ ВАЙДЫ КРАСИЛЬНОЙ ОТ СОРНЯКОВ

Комплексное применение средств защиты (трефлан + фураора супер + подкашивание) позволяет снизить засоренность посевов вайды красильной в восемь раз и повысить урожайность ее зеленой массы на 137 % по сравнению с контролем.

Ключевые слова: вайда красильная, сорняки, засоренность, подкашивание, гербициды, продуктивность.

В Западной Сибири видовой и сортовой ассортимент кормовых культур в силу суровых климатических условий весьма ограничен. Особенно остро проблема обеспечения животноводства полноценными кормами стоит в степной зоне. Одним из резервов увеличения производства качественных кормов в регионе является внедрение в производство кормовых растений природной флоры, отличающихся не только высокой продуктивностью, хорошим качеством зеленой массы, но и широким экологическим потенциалом [1]. Одним из перспективных растений для засушливых условий юга Западной Сибири является вайда красильная, двулетняя кормовая культура семейства капустных. Она скороспелая, устойчивая к засухе и малотребовательна к теплу. В первый год жизни формирует розетку листьев, пригодную к скармливанию скоту, во второй — позволяет получать самый ранний зеленый корм [2].

Вайда красильная — растение озимого типа развития, в год посева растет очень медленно, в связи с чем конкурентоспособность ее с сорной растительностью довольно слабая и она сильно ею угнетается [3].

В борьбе с сорной растительностью рекомендуется применять агротехнические и химические меры борьбы, не только уничтожая сорняки, но и создавая благоприятные условия для роста и развития культурных растений [4]. В научной литературе нет рекомендаций по борьбе с сорняками в посевах вайды красильной.

В связи с этим нами в степной зоне Омской области на опытном поле ГОУ НПО ПУ-64 Полтавского района в 2005–2007 гг. проведены исследования по разработке эффективных приемов защиты посевов вайды красильной от сорной растительности. Почва опытного участка — чернозем обыкновенный среднесуглинистый, содержание гумуса — 4,4 % (по Тюрину), P_2O_5 — 44 мг/кг, K_2O — 161 мг/кг, карбонаты залегают с глубиной 30 см, pH — 6,7–6,9.

Вайду красильную высевали 13–15 мая по пару, бесплужно, с шириной междурядий 30 см и нормой посева 2,5 млн всхожих семян/га, глубина посева — 2–4 см. Подкашивание сорняков проводили однократно, при достижении ими высоты 18–20 см,

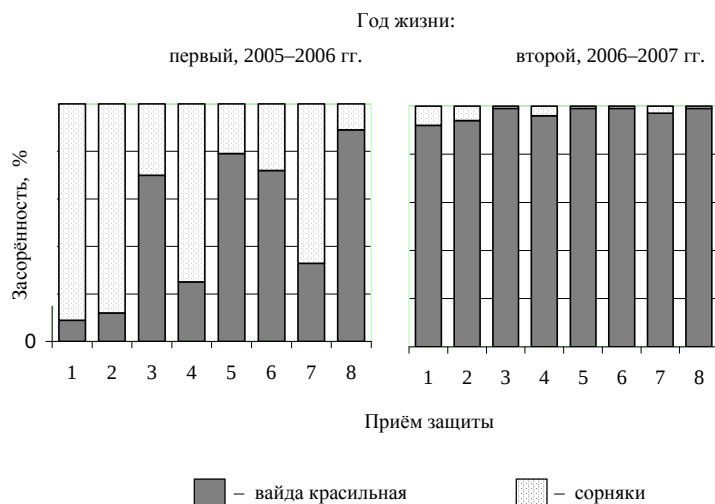


Рис. 1. Засорённость посева вайды красильной в зависимости от применяемых приёмов защиты от сорняков:
 1 — без обработки посева (контроль); 2 — подкашивание сорняков;
 3 — трефлан; 4 — фурора супер; 5 — трефлан + фурора супер;
 6 — трефлан + подкашивание; 7 — фурора супер + подкашивание;
 8 — трефлан + фурора супер + подкашивание

не затрагивая растений вайды. Гербицид трефлан (5 л/га) вносили в почву до посева под культивацию (за 2–3 сут. до посева), а фурора супер (1 л/га) применяли по вегетирующим растениям в фазе розетки листьев вайды и кущения сорняков.

Нами установлено, что сорная растительность в посевах вайды красильной в первый год жизни в основном была представлена однолетними мятликовыми сорняками: щетинником зелёным (*Setaria viridis*), просом куриным (*Panicum crus galli*), овсягом (*Avena fatua*); значительно меньше — двудольными зимующими и многолетними: липучкой ежевидной (*Lappula squarrosa*, Retz), аистником (*Erodium cicutarium*), вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis*) и молочаем лозным (*Euphorbia virgata*).

На засорённость травостоев вайды влияли изучаемые приемы. В среднем за годы исследований на контроле и с проведением подкашивания, согласно шкале Н. З. Милащенко [5], засорённость посевов в первый год была очень высокой, сорняков насчитывалось до 2300–2500 шт./м², а доля их в биомассе достигала 88–91 % (рис. 1). Основная масса сорняков была представлена мятликовыми однолетними видами, доля двудольных в массе сорняков не превышала 5 %. При использовании лишь фурора супер и в комплексе его с подкашиванием засорённость посевов вайды снижалась до 320–520 шт./м², с содержанием сорняков в биомассе до 67–75 %, но это также оценивается как очень высокая. При этом сорняки были представлены тоже мятликовыми в сильно угнетённом состоянии и многолетними, доля которых составляла 20–25 % от общей массы сорняков.

Применение почвенного гербицида трефлан, как одного, так и в комплексе с подкашиванием или гербицидом фурора супер, способствовало уменьшению засорённости, с очень сильной до сильной степени — 52–64 шт./м², а также содержанием в биомассе сорняков до 21–30 %, и только лишь использование приёма трефлан + фурора супер + подкашивание обеспечивало засорённость посевов на уровне среднего (16 шт./м²), с содержанием сорняков в биомассе 11%. В этих вариантах в посевах вайды сорняки были представлены в основном многолет-

ними и зимующими: вьюнком полевым, молочаем лозным, липучкой ежевидной и аистником.

Во второй год жизни вайда красильная обладает очень быстрым ростом, однолетние ранние и поздние яровые сорняки конкурировать с ней в данном случае не могут. Сорная растительность в её травостое второго года жизни перед уборкой представлена биологическими группами: зимующие — липучка ежевидная, аистник и корнеотпрысковые — молочай лозный, вьюнок полевой. Применение приёмов защиты посевов вайды красильной от сорняков в год посева оказывало существенное влияние на засорённость её травостоя во второй год жизни, однако в сравнении с первым годом она была значительно ниже, даже на контроле не превышала 9 % и характеризовалась как слабая. Применение гербицида фурора супер и в сочетании его с подкашиванием уменьшало засорённость травостоя вайды до 3–4 %, а при внесении гербицида трефлан, как одного, так и в комплексе с другими приёмами — до 1 %.

Использование различных приёмов борьбы с сорняками существенно влияло на биометрические показатели растений перед уборкой как в год посева, так и во второй год жизни. Исследования показали, что без применения средств защиты (контроль) растения вайды красильной в розетке формировали по 5 листьев массой 2,3 г и площадью ассимиляционной поверхности 1,7 м²/м² (табл. 1).

Применение трефлана, как одного, так и в комплексе с другими приёмами, способствовало созданию наиболее благоприятных условий для роста и развития растений в год посева, обеспечивая формирование в розетке до 10–11 листьев массой 6,9–8,6 г, площадь которых составляла 5,4–7,1 м²/м², превосходя этот показатель на контроле в 2,2–4,0 раза. При использовании только фурора супер и в комплексе его с подкашиванием розетка формировалась из 8–9 листьев массой 6,5–6,7 г и площадью 4,2–4,8 м²/м², что больше, чем на контроле, в 1,8–2,8 раза. Даже одно подкашивание способствовало увеличению числа листьев в розетке, их массы и формируемой площади ассимиляционной поверхности в 1,6–2,2 раза.

Биометрические показатели травостоя вайды красильной перед скашиванием в год посева (в среднем за 2005, 2006 гг.)

Вид обработки	Высота растений, см	Листьев в розетке,		Площадь листьев, м ² /м ²	Диаметр корневой шейки, мм	Масса корней 10 растений в слое почвы 0–20 см, г
		шт.	г			
Без обработки посева (контроль)	9	5	2,3	1,7	5	10
Подкашивание сорняков	14	8	4,3	3,7	6	17
Трефлан	20	11	9,2	6,6	12	54
Фурора супер	17	9	6,5	4,2	8	33
Трефлан + фурора супер	18	10	6,9	5,4	10	31
Трефлан + подкашивание	19	10	7,7	5,9	11	51
Фурора супер + подкашивание	17	8	6,7	4,8	8	35
Трефлан + фурора супер + подкашивание	20	11	8,6	7,1	12	47

Применение различных приёмов защиты растений вайды от сорняков значительное влияние оказывало и на высоту растений, диаметр корневой шейки и массу образуемых корней: если на контроле эти показатели составляли соответственно 9 см, 5 мм и 10 г, то при использовании только подкашивания эти показатели увеличивались в 1,2–1,7 раза. При применении фурора супер, как одного, так и в сочетании с подкашиванием, эти показатели возрастали в 1,9–3,5 раза, а однократно трефлана и в комплексе его с другими приёмами — в 2,2–5,4 раза (табл. 1).

Применяемые приемы по защите посевов вайды красильной от сорняков оказывали в год посева существенное влияние на сохранность и перезимовку ее растений. Так, в посевах без химических обработок и с проведением подкашивания сохранность растений составляла 81–82 %, при использовании фурора супер — возрастала на 3–4, а трефлана — на 8–15 % и достигала 89–96%. На контроле перезимовка вайды была в пределах 87 %, при подкашивании и применении гербицида фурора супер отдельно и в комплексе она повышалась до 89–90 %.

Применение различных приёмов защиты вайды красильной от сорняков в год посева оказывало существенное влияние и на биометрические показатели травостоя второго года жизни. Так, в среднем за годы исследований высота растений перед уборкой и масса побега на контроле составляли 72 см и 12,0 г при облиственности травостоя 24 % и площади листьев 1,0 м²/м².

Проведение подкашивания или применение гербицида фурора супер, а также применение этих приёмов в комплексе обеспечивало увеличение высоты побегов вайды второго года жизни на 12–16 см (17–22 %), массы — на 1,6–3,1 г (13–26 %), облиственности — на 2–3 %, площади листьев — на 0,2–0,4 м²/м². Наилучшие биометрические показатели травостоя вайды красильной перед уборкой имел при использовании гербицида трефлан, как одного, так и в комплексе с другими приёмами. Высота и масса побегов в сравнении с этими показателями на контроле возрастали при этом на 18–27 см (25–38 %) и 3,3–7,0 г (28–58 %), а облиственность и площадь листьев — на 3–4 % и 0,9–1,4 м²/м² (90–140 %).

Установлено, что как в первый, так и во второй год урожайность зелёной массы имеет тесную обратную связь с засорённостью посевов $r = -0,91 \pm 0,03$ и $r = -0,97 \pm 0,02$. Основным определяющим урожай-

ность вайды в год посева являлась масса листьев в розетке ($r = 0,93 \pm 0,02$). В свою очередь высота растений ($r = 0,92 \pm 0,03$) и масса формируемой корневой системы ($r = 0,86 \pm 0,04$) так же тесно коррелируют с урожайностью. На второй год жизни наиболее тесная связь урожайности была выявлена с высотой растений ($r = 0,96 \pm 0,02$) и массой побега ($r = 0,94 \pm 0,02$).

Наименьшая урожайность зелёной массы, как в год посева — 1,0 т/га, так и на второй год — 8,5 т/га отмечалась на контроле (табл. 2). Даже при проведении только подкашивания сорняков, отмечалось достоверное её увеличение на 140 % в первый год и на 35 % — во второй. Использование только гербицида фурора супер и в сочетании его с подкашиванием обеспечивало увеличение урожайности в сравнении с контролем в год посева до 200 %, во второй — до 64 %.

Внесение почвенного гербицида трефлан в комплексе с подкашиванием или гербицидом фурора супер обеспечивало урожайность зелёной массы в год посева 4,1 т/га, внесение только трефлана увеличивало урожайность до 5,0 т/га, а наилучший результат был достигнут при комплексном применении средств защиты — 6,2 т/га зелёной массы. На второй год жизни при использовании только гербицида трефлан, а также в сочетании его с гербицидом фурора супер прибавка к контролю составляла 73–86 %. Наибольшая урожайность зелёной массы была получена при использовании гербицида трефлан в сочетании с подкашиванием — 17,1 т/га, с прибавкой к контролю 101 %.

Организация мероприятий по уходу за посевами вайды красильной способствовала повышению выхода валовой энергии с 35,5 на контроле до 52,3–85,3 ГДж/га при использовании различных приёмов защиты травостоя вайды от сорняков, но при этом увеличивались материальные и энергетические затраты на 1 га. Так, на контроле они составляли 3810 руб./га, или 8,69 ГДж/га. Проведение только подкашивания повышало затраты на 30–31 %, использование гербицидов и применение их в сочетании с подкашиванием — на 34–86 %.

Защитные мероприятия способствовали существенному повышению продуктивности травостоя вайды, что приводило к увеличению чистого дохода с 1 га (на 69–215 %) и приращению энергии (на 53–157 %). Наибольшие энергетический коэффициент (7,65) и рентабельность производства (138 %) отмечены при внесении почвенного гербицида трефлан

Продуктивность вайды красильной при использовании различных приёмов защиты её посева от сорняков

Вид обработки	Зелёной массы по годам жизни, т/га		В сумме за два года жизни			Чистый доход, руб./га	Себе-стоимость, руб./т корм. ед.	Рентабельность, %
	первый, 2005—2006	второй, 2006—2007	Кормовых единиц, т/га	Сырого протеина, кг/га	Обменной энергии, ГДж/га			
Без обработки посева (контроль)	1,0	8,5	1,71	442	16,9	2175	2228	57
Подкашивание сорняков	2,4	11,5	2,52	650	24,9	3988	1918	83
Трефлан	5,0	15,8	3,82	986	37,7	7742	1473	138
Фурора супер	3,0	13,5	3,00	775	29,7	5507	1664	110
Трефлан + фурора супер	4,1	14,7	3,45	890	34,1	6244	1690	107
Трефлан + подкашивание	4,1	17,1	3,86	997	38,2	7235	1626	115
Фурора супер + подкашивание	3,4	13,9	2,89	746	28,6	4426	1969	78
Трефлан + фурора супер + подкашивание	6,2	16,3	4,11	1061	40,6	7505	1674	109
НСР ₀₅	0,6	1,1	0,33	84	3,2			

(табл. 2). Применение приёмов трефлан + подкашивание, гербицида фурора супер, трефлан + фурора супер и комплексного применения изучаемых приёмов приводило к уменьшению рентабельности производства до 109—115 % и энергетического коэффициента — до 6,25—6,72. При использовании только подкашивания и фурора супер + подкашивание рентабельность производства и энергетический коэффициент составляли 78—83% и 4,59—5,02, что выше, чем на контроле, на 21—26 %.

Таким образом, наиболее эффективным является комплексное применение средств защиты (трефлан + + фурора супер + подкашивание) посевов вайды красильной от сорняков. Засорённость посевов снижается в восемь раз, урожайность в сумме за два года достигает 22,5 т/га зелёной массы, или на 137 % больше, чем на контроле. Несколько меньший эффект наблюдается от применения почвенного гербицида трефлан (прибавка 119 %) и в комплексе его с подкашиванием (прибавка 98 %).

Для защиты посевов вайды можно применять гербицид фурора супер, как один, так и в комплексе с подкашиванием или почвенным гербицидом трефлан, урожайность зелёной массы при этом достигает 16,5—18,8 т/га с прибавкой к контролю 74—98 %. Даже при отсутствии в хозяйстве гербицидов вайду можно возделывать, используя только подкашивание сорняков, урожайность в сумме за два года составляет 13,9 т/га, что на 46 % больше, чем на контроле.

Библиографический список

1. Свешников, А. М. Малораспространенные кормовые культуры / А. М. Свешников. — Алма-Ата : Кайнар, 1979. — 76 с.
2. Кутузов, Г. П. Вайда красильная — перспективная кормовая культура / Г. П. Кутузов, К. И. Пименов // Кормопроизводство. — 2008. — № 9. — С. 11.
3. Степанов, А. Ф. Перспективная вайда / А. Ф. Степанов // Агропресс. — 2008. — № 5. — С. 30—32.
4. Кутузов, Г. П. Применение гербицидов в кормопроизводстве / Г. П. Кутузов. — М. : Россельхозиздат, 1986. — 160 с.
5. Милащенко, Н. З. Борьба с сорняками на полях Сибири / Н. З. Милащенко. — Омск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1978. — 133 с.

СТЕПАНОВ Александр Фёдорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), заведующий кафедрой кормопроизводства, технологии хранения и переработки продукции растениеводства Омского государственного аграрного университета им. П. А. Столыпина (ОмГАУ).

МИЛАШЕНКО Александр Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, глава Полтавского муниципального района Омской области.

ГАРАГУЛЬ Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры геодезии ОмГАУ.

Адрес для переписки: stepanov@omgau.ru

Статья поступила в редакцию 15.02.2012 г.

© А. Ф. Степанов, А. В. Милащенко, А. С. Гарагуль

Книжная полка

Чураков, Д. Б. Лесная фитопатология : учеб. для вузов / Д. Б. Чураков, Б. П. Чураков. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Лань, 2012. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1223-5.

В учебнике изложены предмет и задачи фитопатологии и дан краткий очерк истории фитопатологии. Приведены общие сведения о болезнях растений; рассмотрены неинфекционные и инфекционные болезни древесных пород на разных этапах онтогенеза; охарактеризованы организмы — возбудители инфекционных болезней древесных растений. Описаны методы и средства защиты леса от болезней и повреждений. Освещены вопросы правового регулирования борьбы с болезнями леса. Учебник предназначен для студентов лесохозяйственных, сельскохозяйственных и биологических направлений подготовки вузов.

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ И ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Исследовано содержание микроэлементов в почвах разных зон Омской области. Проведено почвенно-геохимическое районирование ее территории, выделено 10 почвенно-геохимических районов. Установлены существенные различия микроэлементного состава почв районов, которые необходимо учитывать при проведении агрохимических мероприятий и экологическом мониторинге.

Ключевые слова: микроэлементы, почва, почвенно-геохимический район.

Введение. Почва является начальным звеном пищевых цепей и основным источником минеральных элементов питания для растений. В связи с этим установление закономерностей микроэлементного состава почв необходимо для прогнозов обеспеченности микроэлементами растений, животных, разработки систем применения удобрений, экологического мониторинга и биогеохимического районирования окружающей среды. Первые сведения о содержании микроэлементов в разных типах почв Омской области были получены [1], позднее продолжены другими авторами [2, 3]. В настоящее время мониторинговые исследования микроэлементного состава почв пахотных угодий проводят ФГУ ЦАС «Омский» и ФГУ САС «Тарская». Следует, однако, отметить, что микроэлементный состав почв и содержание отдельных микроэлементов в них изучены в неодинаковой степени, имеющиеся данные получены разными методами, что затрудняет практическое использование результатов. В связи с этим возникла необходимость дополнения информации о микроэлементном составе почв с помощью современных методов исследования, оценки содержания микроэлементов в почвах разного генезиса и выявления географических закономерностей распределения микроэлементов в почвенном покрове Омской области.

Цель исследований: установление закономерностей распределения микроэлементов в разных типах почв в зависимости от внешних факторов миграции и почвенно-геохимическое районирование территории Омской области по содержанию микроэлементов в почвах.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являлись зональные и интразональные почвы таежно-лесной, лесостепной и степной зон Омской области. Содержание микроэлементов определено атомно-абсорбционным методом в ФГУ ЦАС «Омский». Кислоторастворимые формы Mn, Cu, Zn, Co, содержание которых близко к валовому, извлекали 5М HNO₃, подвижные — 1 н аммиачно-ацетатным буфером с pH 4,8 по Крупскому — Александровой в модификации ЦИНАО, подвижный Mo — оксалатным буфером с pH 3,4 по Григгу. В почвах таежно-лесной зоны содержание подвижных микро-

элементов установлено методом Пейве — Ринькиса. Валовое содержание В определяли в лаборатории кафедры почвоведения после разложения почвы при температуре 900 °С, подвижные формы извлекали кипящей водой по Бергеру — Труогу. Конечное определение колориметрическим методом с азометином-Н. Для более полной информации о микроэлементном составе почв и растений использовали опубликованные данные по содержанию микроэлементов в почвах Омской области [1 – 3], результаты мониторинговых наблюдений ФГУ ЦАС «Омский» и ФГУ САС «Тарская». При выделении почвенно-геохимических районов использовали материалы физико-географического районирования, почвенную карту Омской области (1986 г.), карту почвообразующих пород, схему геоморфологического и агропочвенного районирования области [4].

Результаты исследований. Установлено, что содержание микроэлементов в почвенном покрове зависит от комплекса физико-географических условий, миграционной способности элементов, конкретной почвенно-геохимической обстановки и свойств почв. Зональное распределение гидротермических ресурсов обусловило четкое разделение территории области на подзону южной тайги, лесостепную и степную зоны. При ведущих зональных факторах почвообразования немаловажную роль играют интразональные: малая дренированность территории, выраженная микрорельефность, широкое распространение карбонатных, засоленных пород тяжелого гранулометрического состава, активное участие в процессах почвообразования грунтовых вод. Разнообразие условий почвообразования в области определило неоднородность почвенного покрова и почвенно-геохимических условий миграции химических элементов, свойств почв, в том числе их микроэлементного состава, в связи с чем возникла необходимость выделения почвенно-геохимических районов.

Под почвенно-геохимическим районом мы понимаем территорию с характерным сочетанием зональных и интразональных процессов почвообразования и внешних факторов миграции химических элементов, однородной структурой почвенного покрова, свойствами почв, содержанием и распределением в них микроэлементов. На основе анализа природной

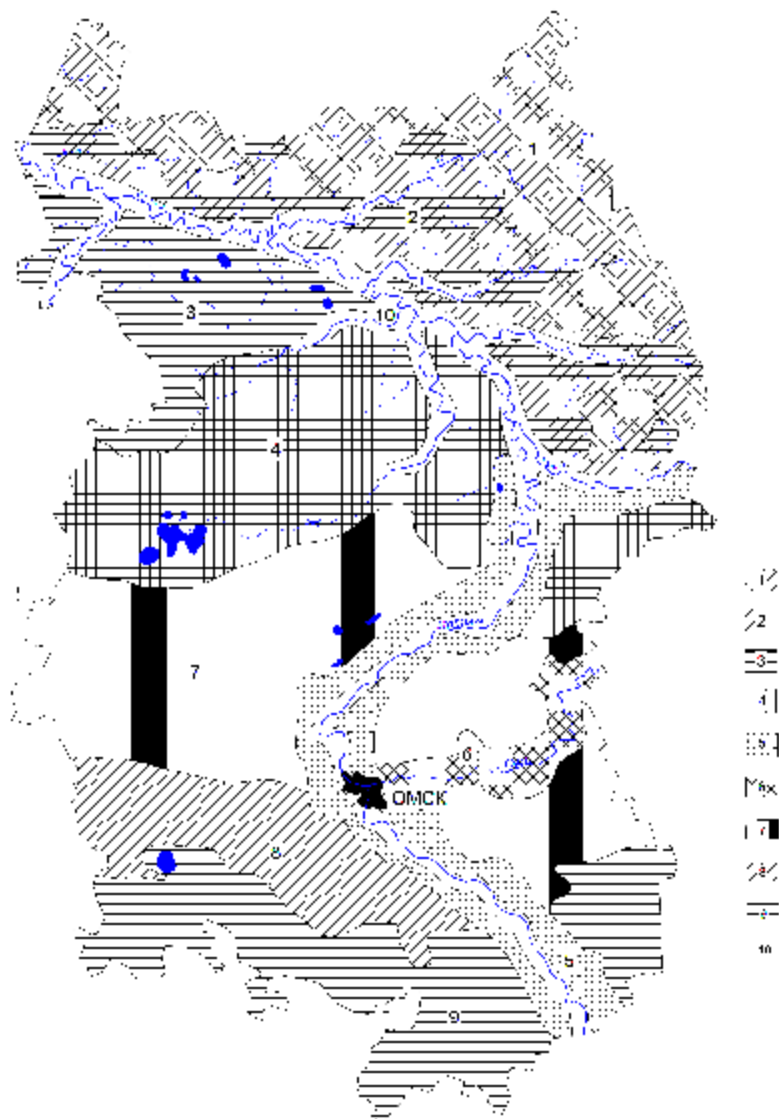


Рис. 1. Схема почвенно-геохимического районирования Омской области по содержанию микроэлементов в почвах (Азаренко Ю. А., Рейнгард Я. Р., 2012 г.)

обстановки, геолого-геоморфологических, литологических условий, структуры почвенного покрова и содержания в нем микроэлементов предлагается разделение территории области на 10 почвенно-геохимических районов (рис. 1).

В подзоне южной тайги выделено 3 почвенно-геохимических района: 1) Васюганский водораздельный слабодренированный район болотных, глее-подзолистых, локально-автоморфных подзолистых почв. Входит в состав Васюганского биогеохимического округа [5], приурочен к Васюганскому плато и возвышенности Тобольского материка [4]; 2) Васюганский правобережный дренированный район автоморфных подзолистых и дерново-подзолистых почв. Район расположен на склоне Васюганского плато; 3) Ишим-Иртышский водораздельный район болотных, лугово-болотных, глее-подзолистых, локально серых лесных почв. Входит в состав геоморфологических районов Рыбино-Каргалинского плато и Большееватской приозерной впадины.

Дерново-подзолистые почвы районов сформировались в условиях кислой реакции среды, промывного водного режима, ненасыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями. Они характеризуются высоким содержанием в элювиально-гумусовых горизонтах валового Мп (среднее 1059 мг/кг),

пониженным — Cu (19,2 мг/кг), Co (6,6 мг/кг), B (23,0 мг/кг), кислоторастворимого Zn (28,4 мг/кг). Концентрации подвижных форм микроэлементов изменяются в широких пределах. Согласно градициям обеспеченности растений микроэлементами по Пейве — Ринькису содержание в почвах подвижного Мп среднее и высокое (32 — 95 мг/кг). Концентрации Cu (1,0 — 5,8 мг/кг), Zn (0,2 — 2,2 мг/кг), в зависимости от свойств почв изменялись от низких до высоких, чаще были средними. Содержание Co (0,5 — 1,6 мг/кг) низкое и среднее. Молибдена, как правило, мало (0,06 — 0,2 мг/кг), особенно в легких по гранулометрическому составу почвах. Однако в высококультурных дерново-подзолистых почвах в связи с применением высоких доз навоза обнаружено высокое количество элемента (до 0,54 — 0,79 мг/кг) [6]. Во всех почвах содержатся недостаточные концентрации подвижного B (0,05 — 0,38 мг/кг). Светло-серые лесные почвы третьего района имеют близкий к дерново-подзолистым почвам микроэлементный состав. Болотные низинные почвы таежных районов отличаются средним содержанием подвижного Zn (1,9 — 2,2 мг/кг) и Cu (2,7 — 2,9 мг/кг), средним и высоким уровнем содержания Co (2,2 — 2,6 мг/кг), Мп (59 — 135 мг/кг) и B (3 — 5 мг/кг). Однако запасы микроэлементов в болотных почвах существенно ниже, чем в серых

лесных и подзолистых, что связано с низкой плотностью торфяных горизонтов. Таким образом, геохимическая обстановка в таежно-лесной зоне часто характеризуется дефицитом для растений ряда микроэлементов, в первую очередь В, Мо, Си, Со при неблагоприятном их балансе в условиях кислой реакции среды. Исследованиями выявлена высокая эффективность применения на дерново-подзолистых и серых лесных почвах Си и Мо под пшеницу и клевер, В под клевер и лен [2]. По данным ФГУ САС «Тарская» в естественных травах на дерново-подзолистых и болотных почвах содержится мало Си (2,3–3,0 мг/кг), Мо (0,05–0,1 мг/кг), В (1,0–5,1 мг/кг) и Со (0,08–0,39 мг/кг), что может неблагоприятно отразиться на здоровье животных. Содержание Мп (12–94 мг/кг) и Zn (14–23 мг/кг) в растениях в целом можно оценить как среднее, однако часто находится на уровне нижнего предела биологической нормы для животных. Ранее для кормов северной зоны Омской области был установлен дефицит Со, Си, I, P, частично Мп и Са [7].

Лесостепная зона отличается наиболее сложной почвенно-геохимической структурой. Здесь усиливается интенсивность биогенно-аккумулятивных, а также гидрогенно-аккумулятивных процессов почвообразования, приводящих к повышенному гидроморфизму, заболачиванию, засолению и осолонцеванию почв, осложняющих структуру почвенного покрова. Микроэлементная ситуация существенно изменяется по сравнению с таежно-лесными районами. С уменьшением кислотности почв в них снижается подвижность соединений Zn, Си и Со, увеличивается подвижность Мо и В.

Территория лесостепной зоны разделена на 5 почвенно-геохимических районов. 4) Ишим-Иртышский северно-лесостепной слабодренированный район автоморфных и полугидроморфных серых лесных, луговых, лугово-черноземных, лугово-болотных и болотных почв и солонцовых комплексов. Входит в состав геоморфологических районов Рыбино-Каргалинского плато, Оше-Иртышской равнины, Тюкалинской впадины.

Серые лесные почвы района характеризуются высоким валовым содержанием Мп (среднее 935 мг/кг), сравнительно низким Си (14,5 мг/кг) и Со (8,2 мг/кг). От светло-серых лесных почв третьего района они отличаются более высокими концентрациями подвижного Мп (52–128 мг/кг) и Си (2,2–6,5 мг/кг). Количество Мо (0,10–0,12 мг/кг) в них низкое, Zn (0,1–3,5 мг/кг) низкое и среднее.

Следует отметить высокую вариабельность содержания подвижного В в слое 0–20 см почв района. Оно изменяется от высокого в дерново-глеевых (2,2–3,0 мг/кг), низинных болотных (3,4–5,5 мг/кг), темно-серых лесных (1,6–1,8 мг/кг) до низкого (0,2 мг/кг) в светло-серых лесных почвах. Очень высокие концентрации микроэлемента (3,9–8,7 мг/кг) обнаружены уже в верхних горизонтах солонцов, что свидетельствует об их борном засолении, признаком которого являются концентрации подвижного бора более 5 мг/кг [5]. Развитию его способствовали обогащенность бором и засоленность легкорастворимыми солями почвообразующих пород, слабая дренарованность территории, непромывной режим, низкая фильтрационная способность, повышенная щелочность почв. Очень много элемента находилось также в черноземно-луговых солончаковых почвах (6,7–10 мг/кг). Содержание В в грунтовых водах солонцов достигало 0,44–0,62 мг/л при величине ПДК элемента в воде для целей орошения 0,5–0,7 мг/л.

Полученные нами ранее данные показали, что концентрации бора в почве более 5–10 мг/кг являются избыточными для растений, они могут снизить их урожайность, вызвать избыточное накопление элемента в биомассе и заболевания животных борными энтеритами [3].

Почвенно-геохимические районы 5–7 расположены в пределах центральной лесостепи: 5) Прииртышско-Тарский лесостепной хорошо дренированный район черноземов выщелоченных, обыкновенных, лугово-черноземных и серых лесных почв; 6) Приомский лесостепной хорошо дренированный почвенно-геохимический район черноземов и лугово-черноземных почв. Расположен на территории Приомского неогенового озерно-аллювиального геоморфологического района, приуроченного к Барабинской равнине в долине р. Омь; 7) Барабинско-Ишим-Иртышский лесостепной бессточный район черноземов, лугово-черноземных почв, комплексов почв с солонцами, солодами, лугово-болотными и болотными почвами. В правобережной части Иртыша он занимает слабодренированные пространства в пределах Барабинской равнины, в левобережье — часть района Ишим-Иртышской неогеновой озерно-аллювиальной равнины.

В черноземах, лугово-черноземных почвах и солонцах содержится меньше валового Мп (807–882 мг/кг) и больше Си (16,1–26,7 мг/кг) и Zn (77 мг/кг) по сравнению с почвами таежных и северно-лесостепных районов. Содержание кислоторастворимых (в 5М HNO₃) форм микроэлементов, близкое к валовым, составляло для Мп 466–621, Си 20,5–21,8, Zn 50–55 мг/кг, Со 12–13 мг/кг. Валовое количество В в черноземных почвах значительно больше по сравнению с почвами северной лесостепи: 43–50 мг/кг.

В солонцах, наибольшие площади которых расположены в седьмом районе, находятся очень высокие концентрации В (50–130 мг/кг), много его в солончаковых лугово-черноземных почвах (77,5–94 мг/кг). Общее содержание Мо в солонцах (2,4–2,5 мг/кг) также превышает уровень его содержания в черноземах [2].

В ацетатно-аммонийный буфер переходит небольшая часть количества кислоторастворимых форм микроэлементов: Мп 1,8–3,3 %, Си, Zn, Со 0,5–1,2 %. В почвах черноземного ряда концентрации подвижного Мп (5,0–25,0 мг/кг) и Мо (0,10–0,40 мг/кг) изменялись от низких до высоких, Си (0,08–0,18 мг/кг) и Со (0,08–0,25 мг/кг) от низких до средних. Во всех почвах обнаружен дефицит Zn (0,24–0,40 мг/кг). Содержание подвижного В в пахотных горизонтах черноземов и лугово-черноземных почв высокое (2,1–3,4 мг/кг), в солонцеватых почвах оно повышается до 3,8–4,3, в солончаковых достигает 9,4–12,7 мг/кг.

Солонцы существенно не отличаются от черноземных почв содержанием подвижных Си, Со, Zn, однако более обогащены подвижным Мп (35–192 мг/кг по Пейве–Ринькису, до 55 мг/кг по Крупскому–Александровой) и Мо (в среднем 0,49 мг/кг). Среди почв засоленного ряда солонцы выделяются максимальной степенью борного засоления. Содержание элемента в них зависит от степени развития солонцового процесса и составляет в слое 0–20 см глубоких солонцов 3,2–6,6, средних 4,4–5,5, мелких 4,1–7,9, корковых 5,7–23,7 мг/кг, достигая максимальных значений в иллювиальных горизонтах. Наиболее сильная степень борного засоления присуща солонцам содово-сульфатным и сульфатно-содовым. В грунтовых водах почв солонцового комплекса обнару-

жено повышенное количество микроэлемента (0,26 – 1,2, в среднем 0,76 мг/л).

В пределах южно-лесостепной подзоны Ишим-Иртышской равнины выделен 8) Ишим-Иртышский южно-лесостепной слабодренированный почвенно-геохимический район черноземов, лугово-черноземных почв, солонцовых комплексов, солончаков и солончаковатых почв.

По валовому содержанию микроэлементов и их кислоторастворимых форм они близки к почвам седьмого почвенно-геохимического района. Концентрации подвижных форм микроэлементов в черноземных почвах изменяются от низких и высоких для Mn (2,2 – 44,7 мг/кг) и Mo (0,11 – 0,33 мг/кг), до низких и средних для Cu (0,09 – 0,18 мг/кг) и Co (0,06 – 0,22 мг/кг) и низких для Zn (0,23 – 0,5 мг/кг). Содержание подвижного В в зональных почвах высокое: 1,2 – 2,9 мг/кг. В почвообразующих породах черноземов обыкновенных в ряде случаев уже наблюдалось борное засоление. Содержание подвижного В в слое 0 – 20 см солонцов (3,4 – 4,7 мг/кг) меньше по сравнению с солонцами 7 района. По степени борного засоления к солонцам приближались лугово-черноземные солонцеватые почвы (5,3 – 7,9 мг/кг). Очень много найдено в соровых солончаках Камышловской долины (10 – 13 мг/кг), в которых подвижные соединения элемента аккумулируются на испарительных барьерах.

В степной зоне почвенно-геохимическая обстановка во многом определяется дефицитом влаги, приводящим к ослаблению гумусово-аккумулятивных и усилению гидрогенно-аккумулятивных процессов почвообразования. В пределах зоны выделен один почвенно-геохимический район: 9) Ишим-Иртышско-Курумбельский степной слабодренированный район черноземов обыкновенных и южных в сочетании с лугово-черноземными почвами, солонцами, солончаками, солонцеватыми и засоленными почвами. Занимает южную часть Ишим-Иртышской и Курумбельскую равнину. Нами отмечен более низкий уровень содержания кислоторастворимого Mn в лугово-черноземных почвах (среднее 540 мг/кг) по сравнению с почвами восьмого района, обусловленный, вероятно, более низкой их гумусированностью.

Установлено увеличение среднего количества подвижного Mn (1n ААБ) в ряду от черноземов (9,8 мг/кг в южных, 11,8 мг/кг в обыкновенных) до лугово-черноземных (19,8 мг/кг) и черноземно-луговых почв (32,3 мг/кг), связанное с усилением степени гидроморфизма. Количество подвижных Cu (0,05 – 0,16), Co (0,07 – 0,25), Zn (0,20 – 0,72 мг/кг) во всех черноземных почвах низкие, Mo (0,09 – 0,25 мг/кг) изменяются от низких до высоких. Дефицит микроэлементов наиболее выражен в супесчаных почвах. Черноземные почвы содержат высокие концентрации подвижного В по всему профилю: 1,5 – 1,8 мг/кг в супесчаных, 1,5 – 3,2 мг/кг в тяжелосуглинистых. Борное засоление присутствует в солончаковатых почвах (4,8 – 11,8 мг/кг), солонцах (3,0 – 13,8 мг/кг), солончаках (3,1 – 9,2 мг/кг).

Следует отметить, что уровень содержания микроэлементов в сельскохозяйственных растениях на почвах лесостепной и степной зон в целом выше, чем в таежной зоне. В растительных кормах на черноземах ранее отмечено удовлетворительное содержание Co, Cu, Mn [7]. Однако в ряде случаев нами наблюдался невысокий уровень Cu (1,0 – 3,2 мг/кг), Zn (10 – 32 мг/кг), Co (0,19 – 0,32 мг/кг) в мятликовых растениях пастбищ. Ранее нами показано, что на

почвах с борным засолением существует опасность накопления в растениях повышенного содержания элемента, особенно в мятликовых в ранние фазы развития [3].

10-й почвенно-геохимический район аллювиальных почв охватывает пойму Иртыша и его крупных притоков (р. Ишим, Туй, Шиш, Большой Аев, Оша, Уй, Тара). Содержание микроэлементов в пойменных почвах наряду с зональными биоклиматическими факторами определяется интенсивной механической и водной миграцией элементов, связанной с режимом работы реки, ежегодными паводками, отложением аллювиальных наносов, высоким увлажнением. По данным [8], аллювиальные почвы во всех зонах области отличаются более низким содержанием валового Mn (277 – 492 мг/кг) и, напротив, более высоким — Cu (21,6 – 33,8 мг/кг) и Mo (1,75 – 2,8 мг/кг) по сравнению с почвами водоразделов. В аллювиальных почвах по сравнению с зональными содержатся более высокие концентрации подвижных Co (0,14 – 0,23), Cu (0,81 – 1,28), Mn (64 – 71,5 мг/кг), переходящих в ААБ с pH 4,8, и более низкие концентрации подвижного Mo (0,03 – 0,1 мг/кг). Наши исследования показали, что концентрации подвижного В в аллювиальных почвах зависят от содержания гумуса и илстой фракции и изменяются от 1,43 мг/кг в аллювиальных лугово-болотных иловатых почвах тяжелого гранулометрического состава до 0,15 мг/кг в аллювиальных слоистых супесчаных и песчаных почвах.

Таким образом, сложное сочетание биоклиматических, геолого-геоморфологических, гидрологических условий определило неоднородность почвенного покрова, способствовало дифференциации почвенно-геохимической обстановки и микроэлементного состава почв Омской области. В результате анализа физико-географических условий, структуры почвенного покрова, свойств почв, содержания и распределения в них микроэлементов нами предложено разделение территории области на 10 почвенно-геохимических районов. Установлено, что почвенно-геохимические районы южно-таежной зоны характеризуются дефицитом ряда микроэлементов, в первую очередь В, Mo, Cu, Co в почвах и растениях. Почвенно-геохимическая обстановка лесостепной и степной зон способствует значительному увеличению концентраций в почвах подвижных В и Mo и уменьшению подвижности Zn, Co, Cu и Mn. Характерной особенностью является избыточное накопление В в почвах засоленного и солонцового рядов, тесно связанное с процессами галогенеза. При возделывании растений необходимо учитывать степень бoroустойчивости растений и контролировать уровень содержания В в кормах. Данные по содержанию микроэлементов в почвах районов могут служить в качестве фоновых при мониторинге микроэлементного состава почв, использоваться в целях прогноза потребности растений в микроудобрениях и для дальнейшего проведения биогеохимического районирования территории Омской области.

Библиографический список

1. Гамзиков, Г. П. Содержание микроэлементов в почвах Омской области / Г. П. Гамзиков // Микроэлементы в почвах, растительности и водах южной части Западной Сибири. — Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1971. — С. 38 – 55.
2. Орлова, Э. Д. Микроэлементы в почвах и растениях Омской области и применение микроудобрений : учеб. пособие /

Э. Д. Орлова, Е. Г. Пыхтарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Омск : Изд-во ОмГАУ, 2007. — 76 с.

3. Азаренко, Ю. А. Содержание бора в почвах солонцовых комплексов Омского Прииртышья и бороустойчивость растений / Ю. А. Азаренко // Почвоведение. — 2007. — № 5. — С. 562—573.

4. Рейнгард, Я. Р. Деградация почв экосистем юга Западной Сибири : моногр. / Я. Р. Рейнгард. — Лодзь-Польша, 2009. — 636 с.

5. Ильин, В. Б. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов (Mn, Cu, Mo, B) в южной части Западной Сибири : моногр. / В. Б. Ильин. — Новосибирск : Наука, 1973. — 389 с.

6. Агеев, В. А. Содержание меди и молибдена в дерново-подзолистых почвах Омского Прииртышья и отзывчивость яровой пшеницы на микроудобрения : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. А. Агеев. — Омск, 1980. — 16 с.

7. Коровин, Н. К. Обеспеченность микроэлементами крупного рогатого скота в Омской области и влияние их на некото-

рые показатели обмена веществ : автореф. дис. ... д-ра вет. наук / Н. К. Коровин. — Омск, 1969. — 31 с.

8. Сказалова, Н. Н. Микроэлементы (Co, Cu, Mo, Ni, Mn) в почвах поймы реки Иртыша : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н. Н. Сказалова. — Омск : ОмСХИ, 1973. — 17 с.

АЗАРЕНКО Юлия Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), заведующая кафедрой почвоведения.

РЕЙНГАРД Яков Рувинович, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и биологии. Адрес для переписки: 644008, г. Омск, Институтская площадь, 2

Статья поступила в редакцию 01.03.2012 г.

© Ю. А. Азаренко, Я. Р. Рейнгард

УДК УДК 633.853 «321»: 631. 52 (571.1)

А. А. ЛАНГЛЕЦ
А. С. ГАРАГУЛЬ

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина

ПОЧВЕННАЯ ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ ЯРОВОГО РЫЖИКА В УДОБРЕНИЯХ И КАЧЕСТВА УРОЖАЯ НА ОБЫКНОВЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Представлены материалы полевого опыта и на основе почвенной диагностики выведены и представлены формулы расчета оптимальных доз минеральных удобрений для получения высоких урожаев ярового рыжика. Также приведена формула для прогнозирования содержания жира в семенах рыжика в зависимости от доз вносимых удобрений.

Ключевые слова: яровой рыжик, почвенная диагностика, уровень минерального питания, прогнозирование урожайности и качества маслосемян.

По мере роста урожайности масличных культур параллельно возрастает значение сбалансированности всех макро- и микроэлементов для получения высоких урожаев хорошего качества. Роль соотношений элементов питания в почве признавалась всегда, но в практике диагностики использовали в основном соотношение основных элементов питания, таких как азот, фосфор и калий [1, 2].

В связи с этим для оптимизации почвенных условий выращивания сельскохозяйственных культур первостепенное значение приобретает разработка интегрированных систем диагностики питания выращиваемых культур, которые позволяют количественно выразить баланс в растениях всех биогенных элементов.

Целью наших исследований было определение влияния удобрений на урожайность и качество семян ярового рыжика и диагностирования потребности данной культуры в удобрениях с использованием почвенной диагностики при возделывании на обыкновенном черноземе Омской области.

В пахотном горизонте опытного участка содержится: гумуса — 4,4 %, N-NO₃ — 58 мг/кг почвы, P₂O₅ и K₂O — соответственно 44 и 161 мг/кг почвы (по Ф. В. Чирикову), pH — 6,7—7,1. В поглощающем комплексе преобладает кальций — 68—81 %. Уменьшение кальция приводит к увеличению магния. Содержание магния варьирует в пределах 17—32 %, натрия — 0,07—0,2 %.

На основе химического анализа образцов почвы, полученных в полевых опытах с удобрениями, статистических данных устанавливались наилучшие дозы азотно-фосфорно-калийных удобрений, с учетом содержания доступных элементов в слое почвы 0—30 см.

Исследования проводили с сортом ярового рыжика Исклюлец на базе БОУ НПО ПУ-№ 64 в Полтавском районе Омской области. Рыжик в севообороте высевался третьей культурой после пара. Удобрения вносили в почву до посева, локально. Схема опыта и полученные данные по урожайности ярового рыжика представлены в табл. 1.

Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность ярового рыжика и содержание жира в семенах (среднее за 2006–2008 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка		Содержание жира, %	Прибавка		Выход жира, кг/га
		т/га	% к контролю		%	% к контролю	
Контроль	0,66	—	—	36,7	—	—	242,2
P ₃₀ K ₃₀	0,78	0,12	18,2	37,7	1,0	2,7	294,1
N ₃₀ P ₃₀	0,97	0,31	47,0	38,3	1,6	4,4	371,5
N ₃₀ K ₃₀	0,77	0,11	16,7	37,1	0,4	1,1	285,7
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0,98	0,32	48,5	37,4	0,7	1,9	366,5
N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	1,09	0,43	65,1	39,6	2,9	7,9	431,6
N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	1,26	0,60	90,9	40,6	3,9	10,6	511,6
N ₃₀ P ₆₀	1,05	0,39	59,0	37,3	0,6	1,6	391,7
N ₆₀ P ₆₀	1,29	0,63	95,4	36,7	—	—	473,4
N ₆₀ P ₉₀	1,37	0,71	107,6	35,8	—	—	490,5
НСР ₀₅	0,11	—					

При определении содержания элементов питания в чернозёме обыкновенном среднесиловом среднесуглинистом (слой 0–30 см) в среднем за годы исследований (2006–2008 гг.) при использовании 2 % CH₃COOH вытяжки (по Ермохину Ю. И.) содержалось N-NO₃ — 0,86 мг/100 г, P₂O₅ — 1,89 мг/100 г, K₂O — 11,7 мг/100 г.

Установленные уровни содержания элементов питания в почве (С, мг/100 г) с помощью 2%-ной CH₃COOH можно пересчитать на стандартный метод:

$$N - NO_3(\text{водная вытяжка}) = \frac{C_{N-NO_3} - 0,12}{1,24}; \quad (1)$$

$$P_2O_5(\text{по Чирикову}) = \frac{C_{P_2O_5} + 0,48}{0,28}; \quad (2)$$

$$K_2O(\text{по Чирикову}) = \frac{C_{K_2O} + 0,22}{0,33}. \quad (3)$$

При переводе этих данных на стандартные методы в почве содержалось соответственно 0,60, 8,46, 36,1 мг/100 г, что характеризуется по содержанию азота и фосфора как низкое, а калия — высокое [3]. В связи с этим вполне можно было ожидать эффективность комплексного применения азотно-фосфорных удобрений.

Исследования показали, что наибольшая прибавка урожая маслосемян ярового рыжика (107,6 %) наблюдалась при комплексном внесении азотно-фосфорных удобрений в дозах N₆₀ и P₉₀ кг д.в./га. Минимальная прибавка (0,11 т/га) была получена в варианте с низкими дозами азотно-калийных удобрений без использования фосфорных, что указывает на высокий уровень содержания обменного калия в слое почвы 0–30 см.

Ранее было установлено, что 1 кг азота удобрений эквивалентен 0,024 мг/100 г (или 0,24 мг/кг) N-NO₃ почвы, а 1 кг фосфора — 0,027 мг/100 г (или 0,27 мг/кг) P₂O₅ почвы.

Результаты полевых исследований показали, что наибольшую прибавку урожая маслосемян ярового рыжика обеспечивало внесение под него N₆₀P₉₀ при содержании в почве перед посевом N-NO₃ — 8,6 мг/кг

и P₂O₅ — 18,9 мг/кг (единая 2%-ная CH₃COOH вытяжка).

Исходя из этого, мы можем определить оптимальное содержание N-NO₃ и P₂O₅ в почве для получения урожая ярового рыжика сорт Исикульец в пределах 1,4–1,5 т/га (формулы 4, 5, 6, 7).

Для N-NO₃:

$$60 \text{ кг/га} \times 0,24 \text{ мг/кг} = 14,4 \text{ мг/кг}. \quad (4)$$

Оптимальным уровнем содержания N-NO₃ в слое почвы 0–30 см для рыжика будет:

$$14,4 \text{ мг/кг} + 8,6 \text{ мг/кг} = 23,0 \text{ мг/кг}. \quad (5)$$

Для P₂O₅:

$$30 \text{ кг/га} \times 0,27 \text{ мг/кг} = 8,1 \text{ мг/кг}. \quad (6)$$

Оптимальным содержанием P₂O₅ для рыжика будет:

$$8,1 \text{ мг/кг} + 18,9 \text{ мг/кг} = 27,0 \text{ мг/кг}. \quad (7)$$

Для расчета доз азотно-фосфорных удобрений под яровой рыжик сорта Исикульец предлагается следующая формула:

$$D_{N,P} = \frac{\Xi_{\text{опт}} - \Xi_{\text{факт}}}{b}, \quad (8)$$

где D_{N,P} — доза вносимого азотного или фосфорного удобрения, кг/га;

Ξ_{опт} — оптимальное содержание элемента питания (N-NO₃ — 23,0 мг/кг и P₂O₅ — 27,0 мг/кг)

Ξ_{факт} — фактическое содержание N-NO₃ и P₂O₅ в почве, мг/кг;

b — коэффициент эквивалентности действия единиц внесенного азота и фосфора в почву на содержание в слое почвы 0–30 см, мг/кг (для N-NO₃ — 0,24, P₂O₅ — 0,27).

Например, приведем расчет доз вносимых удобрений под яровой рыжик высеваемый в СПК «Вольное» Полтавского района Омской области. Почва — чернозем обыкновенный. Химический анализ почвы, проведенный весной, показал, что в ней содержалось N-NO₃ — 7,4 и P₂O₅ — 16,2 мг/кг. Содержание азота

и фосфора определяли 2%-ной CH_3COOH вытяжкой по Ю. И. Ермохину (1995) и рассчитываем по формуле 8:

$$D_N = \frac{23,0 \text{ мг/кг} - 7,4 \text{ мг/кг}}{0,24} = 65 \text{ кг/га},$$

$$D_P = \frac{27,0 \text{ мг/кг} - 16,2 \text{ мг/кг}}{0,27} = 40 \text{ кг/га}.$$

Таким образом, определение доз минеральных удобрений на основе многолетних полевых опытов с удобрениями должно увязываться с химизмом почвы, что позволяет предложить наиболее дешевый, менее трудоемкий метод определения доз удобрений при наличии сезонности проведения полевых опытов.

Условия минерального питания в течение вегетации определяют не только величину урожая, но и его качество. Так, из применяемых вариантов доз вносимых удобрений наибольшему биосинтезу жира в семенах рыжика (40,6 %) способствовало сочетание азотно-фосфорно-калийных удобрений в дозах $\text{N}_{90}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ (контроль 36,7 %).

Полевые опыты в условиях Западной Сибири показали, что в семенах контрольного варианта содержание жира увеличивалось при внесении азота от 60 до 90 кг д.в./га. На основе полученных зависимостей между внесением доз азотных удобрений на фоне $\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ и содержанием жира в семенах ($r=0,98$) было получено уравнение регрессии:

$$Y = 0,043X + 36,7; \quad (9)$$

где Y — содержание жира в семенах рыжика, %;
 X — доза азота, кг д.в./га.

Из уравнения 9 можно сделать вывод, что каждый килограмм внесенного азота на фоне $\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ увеличивает процент жира в семенах рыжика на 0,043 %.

Многолетние исследования показали, что если 1 кг д.в. азотных удобрений увеличивает в почве содержание нитратного азота на 0,024 мг/100 г и в то же время жира в маслосеменах по данным исследования на 0,043 %, то увеличение содержания нитратного азота на 1 мг/100 г почвы (в пределах оптимального уровня и соотношения к фосфору) будет способствовать увеличению биосинтеза жира в маслосеменах рыжика на 1,79 %.

Таким образом, установив оптимальные уровни содержания в почве азота и фосфора, при формировании высоких урожаев семян рыжика, есть возможность спрогнозировать процент содержания жира (%Ж) в семенах при внесении азотных удобрений по следующей формуле:

$$\%Ж = \frac{\mathcal{E}_{\text{опт}} - \mathcal{E}_{\text{факт}}}{0,024} \times 0,043 + C, \quad (10)$$

где $\mathcal{E}_{\text{опт}}$ и $\mathcal{E}_{\text{факт}}$ — содержание оптимальное и фактическое N-NO_3 в почве, мг/100 г;
0,024 и 0,043 — коэффициент интенсивности действия 1 кг азота удобрений на содержание N-NO_3 в почве (мг/100 г) и процента жира в семенах (%);
 C — содержание жира в семенах растений возделываемых на не удобренном фоне, %.

Пример расчета.

При внесении в почву $\text{N}_{90}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ содержание N-NO_3 в почве составляло 2,16 мг/100 г соответственно процент жира в семенах увеличился с 36,7 до 40,6 %. По формуле 10 сделаем прогнозирование содержания жира при внесении азотных удобрений:

$$\begin{aligned} \text{N-NO}_3 \text{ (мг/100 г) в почве} &= \\ &= 90 \text{ кг/га} \times 0,024 \text{ мг/100 г} = 2,16; \end{aligned}$$

увеличилось жира в семенах (%) = $1,79 \times 2,16 = 3,87$;

содержание жира (%) = $36,7 + 3,87 = 40,57$;

где 36,7 % — содержание жира в семенах растений возделываемых на не удобренном фоне.

Фактически в семенах растений рыжика, возделываемого на участке, где было внесено N_{90} содержание жира было 40,6 %.

Особый интерес для производства представляет такой показатель как выход жира с единицы площади. Так, при возделывании рыжика без удобрений выход жира с одного гектара составил 242,2 кг, тогда как на лучших удобренных вариантах выход жира был равен 511,6 кг. Следовательно, при возделывании рыжика на удобренных фонах для получения одинакового количества жира потребуется площади в 2,1 раза меньше, чем без применения удобрений.

Таким образом, наблюдается взаимосвязь в системе «почва — удобрение — урожай — качество продукции» при возделывании ярового рыжика. Располагая нормативными количественными характеристиками при проведении мониторинга минерального питания растений и химического состава почвы в период роста и развития растений, возникает возможность оценить действия удобрений на величину и качество урожая. Только на этом пути можно выявить математические закономерности, связывающие урожайность и качество получаемой продукции с количеством вносимых в почву удобрений.

Библиографический список

1. Анализ почв, растений и проблема применения удобрений в Западной Сибири : моногр. / Под ред. Ю. И. Ермохина, И. А. Бобренко ; ОмГАУ. — Омск, 2002. — 407 с.
2. Система диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур для моделирования и управления плодородием почв : тез. докл. XVI Всесоюз. координацион. науч.-метод. совещ. — М. : Госагропром СССР, 1989. — 119 с.
3. Ермохин Ю. И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур : моногр. / Ю. И. Ермохин. — Омск : Изд-во ОмГАУ, 1995. — 208 с.

ЛАНГЛЕЦ Александр Александрович, соискатель по кафедре агрохимии.

ГАРАГУЛЬ Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры геодезии.

Адрес для переписки: garagulaleksandr@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20.07.2011 г.

© А. А. Ланглец, А. С. Гарагуль

ПРОДУКТИВНОСТЬ СКОРОСПЕЛЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ

Исследования показали, что наибольший интерес для использования в производстве в зоне южной лесостепи Омской области представляют скороспелые высокотехнологичные образцы: отзывчивые на благоприятное гидротермическое обеспечение вегетационного периода — сорт Эльдорадо, районированный в 2010 г., и линия 42/06; а также находящийся на ГСИ сорт Золотистая и линия 55/07, имеющие высокую урожайность семян как в стрессовых, так и в благоприятных погодных условиях.

Ключевые слова: соя, сорт, вегетационный период, урожайность, технологичность, засухоустойчивость.

Введение. В настоящее время в Российской Федерации соя входит в число экономически выгодных сельскохозяйственных культур, причиной чего является заметно увеличившийся спрос на соевое зерно для кормовых и пищевых целей [1]. Соя относится к тем растениям, которые лежат в основе «осеверения» земледелия и расширяют ареалы эффективного возделывания за счет устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам. Климатические условия лесостепи Омской области благоприятны для роста и развития всех районированных культур, хотя эта территория относится к зоне рискованного земледелия с характерной для климата контрастностью [2]. Площадь посева сои в Омской области увеличилась с 20 га в 2004 г. до 4182 га в 2011 г. [3]. Для выращивания во всех природно-климатических зонах Омской области рекомендованы сорта сои: СибНИИК 315, Омская 4, Алтом, Дина и для лесостепи — Эльдорадо [4].

В задачу исследований входило выявить реакцию реестровых сортов и перспективных линий сои из конкурсного сортоиспытания на стрессовые и благоприятные погодные условия.

Материал и методы. Исследования проводились в 2010–2011 гг. на полях ГНУ СибНИИСХ, расположенных в зоне южной лесостепи в черте г. Омска. В качестве объектов исследований взято 24 образца сои, созданных в лаборатории селекции зернобобовых культур ГНУ СибНИИСХ: 5 сортов, включенных в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Западно-Сибирском регионе; 2 сорта, переданных на ГСИ; 17 селекционных линий. Сорт-стандарт СибНИИК 315. Предшественник — озимая рожь на зерно. Основная обработка почвы — отвальная зябь. Весной проводилось боронование в два

следа. Предпосевная культивация проводилась одновременно с внесением почвенного гербицида трефлан (2,5 л/га д.в.). Непосредственно перед посевом внесена стартовая доза азотного удобрения (аммиачная селитра — 100 кг/га). Площадь делянок 15 м², повторность 4-кратная. Посев сеялкой ССФК 7 рядовым способом, норма высева 0,8 млн всхожих семян на гектар. Срок посева — оптимальный для местных условий — конец 2 декады мая. Время появления полных всходов — начало первой декады июня. Уборка комбайном Хеге-125 в фазу полной спелости. Урожайные данные приведены к 100 % чистоте и влажности 14 %. Анализ структуры урожая по 14 признакам сделан у 60 растений по каждому образцу. Статистическая обработка результатов исследований — по методике Б. А. Доспехова [5].

В зоне южной лесостепи Омской области условия вегетационного периода в годы проведения опытов различались как по количеству выпавших осадков и сумме температур, так и по характеру их распределения в течение вегетационного периода. Для летнего периода было характерно значительное колебание температуры воздуха в течение суток.

В мае — августе 2010 г. в целом наблюдалось недостаточное увлажнение — за этот период выпало 113 мм осадков (56% от среднееголетнего значения). Средняя за четыре месяца температура воздуха была близка к среднееголетней — 16,5 °С (на 0,5 °С выше нормы). Но декадные показатели температуры воздуха резко отличались от многолетних данных: наиболее существенные отклонения отмечены во второй декаде мая — 9,2 °С (на 2,5 °С ниже нормы), в первой и второй декадах июня — соответственно, 18,5 и 20,4 °С (на 3,1 и 2,0 °С выше нормы), в третьей декаде июня — 17,1 °С (на 2,3 °С ниже нормы), в пер-

**Фенотипическое проявление признаков
в зависимости от условий выращивания (в среднем по опыту)**

Таблица 1

Показатель	2010 г.	2011 г.		Коэффициент вариации, %	
		ед.	в % к 2010 г.	2010 г.	2011 г.
Полевая всхожесть, %	77,6	82,7	106,6	10,8	11,8
Сохранность растений, %	95,2	95,0	99,8	3,9	3,5
Урожайность, т/га	2,48	3,07	124,0	6,6	8,2
Вегетационный период, суток	98,4	106,3	108,0	4,9	2,6
Высота, см:					
растения	51,7	71,8	124,5	8,0	12,1
прикрепления 1-го боба	11,7	11,0	93,7	13,1	15,2
Количество веток, шт.	1,09	0,81	74,2	26,3	39,2
Количество бобов, шт.:					
на высоте 0–15 см	2,24	2,25	100,5	35,1	38,7
на главном стебле	13,2	15,2	115,4	8,8	9,3
на ветках	5,6	4,4	79,2	32,2	38,8
Количество семян на растении, шт.	35,6	38,5	108,0	10,8	16,7
Масса семян, г:					
1000 шт.	132,7	164,9	124,2	8,0	7,5
с 1-го растения	4,76	6,31	132,5	12,2	14,5

вой декаде июля — 16,4 °С (на 3,8 °С ниже нормы), в первой и третьей декадах августа — соответственно, 20,2 и 18,9 °С (на 3,2 и 4,5 °С выше нормы). Самыми неблагоприятными для сои погодные условия сложились в июле — в период активного формирования генеративных органов: низкие температуры воздуха, особенно в ночное время, и почти полное отсутствие осадков отрицательно сказалось на темпах развития растений. Теплая погода в августе с небольшими осадками позволила частично сократить потерю репродуктивных органов, была комфортна для налива бобов. В начале 2-й декады сентября зафиксирована аномально низкая среднесуточная температура воздуха и ночные заморозки до –4 °С.

Погодные условия вегетационного периода в 2011 г. позволили сформировать необычно высокий для Западной Сибири урожай семян сои. В мае — августе 2011 г. выпало 206 мм осадков (98 % от средне многолетнего значения). Средняя за четыре месяца температура воздуха была близка к средне многолетней — 16,1 °С. Высокие среднесуточные температуры воздуха в июне — 19,3 °С (на 1,6 °С выше нормы) и достаточное увлажнение (37 мм) способствовали нормальному развитию растений сои. Самыми неблагоприятными для этой культуры погодные условия сложились в июле — низкая среднесуточная температура воздуха 17,9 °С (на 1,9 °С ниже нормы), холодные ночи отрицательно сказались на темпах развития растений и опылении бутонов. Но погода в августе — сентябре была комфортна для налива бобов и созревания семян. Сентябрь был необычно теплым, без заморозков — среднесуточные температуры в первой (15,3 °С) и второй (14,3 °С) декадах превысили многолетние показатели соответственно на 2,6 и 3,2 °С.

Результаты и обсуждение. Согласно Международному классификатору СЭВ рода *Glycine* Willd (1990), все образцы, включенные в эксперимент, относятся к скороспелой группе [6]. Самым продолжи-

тельным периодом вегетации (108 суток в 2011 г.) отличались сорта Алтом и Омская 4. Улучшение погодных условий благоприятно сказалось на развитии сои — в 2011 г., по сравнению с засушливым 2010 г., — растения в среднем по опыту были выше на 20 см (24 %) и на 2,3 г (32 %) продуктивнее за счет увеличения на 15 % количества бобов на главном стебле и на 24 % — массы 1000 семян. В целом продолжительность вегетации увеличилась на 8 суток (8 %), а средний уровень урожайности изменился с 2,48 т/га в 2010 г. до 3,07 т/га в 2011 г. — прибавка 0,59 т/га (24 %) (табл. 1).

Необходимо отметить, что все образцы, включенные в эксперимент, проявили высокий потенциал продуктивности — в 2–3 раза выше урожайности сои, выращиваемой в производственных условиях. Выявлена положительная корреляционная связь урожайности с высотой прикрепления нижнего боба (2010 г. — $r=0,55$ и 2011 г. — $r=0,49$) и отрицательная — с количеством бобов на высоте 0–15 см ($r=-0,34$ и $-0,47$). В благоприятных погодных условиях 2011 г. урожайность образцов сои определялась также высотой и продуктивностью растений (соответственно $r=0,47$ и $0,45$). Подтверждена отзывчивость сои на изменение густоты стеблестоя, т.к. выявлена стабильная отрицательная корреляционная связь массы семян одного растения с полевой всхожестью ($r=-0,41$ и $-0,55$).

Анализ коэффициентов вариации признаков в изучаемой выборке образцов показал, что включенные в эксперимент генотипы значительно различались между собой по числу продуктивных веток и количеству вызревших на них плодов, а также по высоте прикрепления первого боба и числу бобов на участке стебля от уровня почвы до 15 см.

Засухоустойчивость в селекционной практике рассматривается как урожайность полноценного зерна в засушливых условиях [7]. Оценка селекционного материала должна проводиться не на засухо-

Урожайность сои, т/га

Сорт, линия	2010 г. ГТК 0,53		2011 г. ГТК 1,02			Средняя	
	т/га	ранг*	т/га	ранг	% к 2010 г.	т/га	±к St
СибНИИК 315, St	2,60	5	2,90	3	111,6	2,75	—
Дина	2,34	3	2,99	3	127,7	2,66	—0,09
Омская 4	2,55	5	2,80	2	109,9	2,68	—0,07
СибНИИСХоз 6	2,11	1	2,96	3	140,3	2,54	—0,22
Алтом	2,57	5	3,45	7	134,0	3,01	0,26
Эльдорадо	2,33	3	3,29	6	141,0	2,81	0,06
Золотистая	2,88	7	3,14	5	109,0	3,01	0,26
Сибирячка	2,72	6	2,65	1	97,2	2,68	—0,07
32/02	2,53	4	3,11	4	123,0	2,82	0,07
36/05	2,40	3	2,65	1	110,5	2,53	—0,22
42/06	2,54	4	3,42	7	134,7	2,98	0,23
43/06	2,33	3	3,08	4	132,0	2,70	—0,05
45/06	2,44	4	3,40	7	139,3	2,92	0,17
46/06	2,36	3	3,23	5	136,7	2,79	0,04
50/07	2,28	2	3,47	7	152,3	2,88	0,13
51/07	2,36	3	3,03	4	128,2	2,69	—0,06
52/07	2,34	3	2,93	3	125,1	2,63	—0,12
54/07	2,47	4	3,04	4	123,0	2,75	0,00
55/07	2,72	6	3,42	7	125,6	3,07	0,32
43/08	2,47	4	2,74	1	110,7	2,60	—0,15
44/08	2,44	4	3,04	4	124,5	2,74	—0,01
45/08	2,52	4	2,85	2	113,2	2,69	—0,06
48/08	2,55	5	3,15	5	123,6	2,85	0,10
49/08	2,64	5	3,26	6	123,5	2,95	0,20
50/08	2,44	4	2,80	2	114,7	2,62	—0,13
Средняя	2,48	—	3,07	—	123,8	2,77	—
НСР ₀₅	0,21	—	0,30	—			0,26

*ранг сорта соответствует номеру класса в сгруппированной совокупности [4]

устойчивость, а на засухоурожайность [8]. Ранги результатов испытания образцов в 2010 г. показывают, что наиболее засухоустойчивыми являются сорта Золотистая, Сибирячка и линия 55/07 с урожайностью соответственно 2,88 т/га, 2,72 и 2,72 т/га (табл. 2). Корреляционная связь между данными сортов в 2010 г. и 2011 г. отсутствует ($r=0,04$). Изучение аналогичного набора образцов в благоприятном 2011 г. выявило специфическую реакцию генотипов на улучшение условий выращивания. Максимальный ранг 7 с урожайностью от 3,40 до 3,48 т/га отмечен у сорта Алтом и линий 42/06, 45/06, 50/07, 55/07. Наибольшее увеличение анализируемого показателя, по сравнению с 2010 г. — на 40 % и выше, наблюдалось у сортов СибНИИСХоз 6, Эльдорадо и линии 50/07. Но эти номера имеют разный уровень урожайности, например, у самого скороспелого сорта СибНИИСХоз 6 ранги 1 и 3, у Эльдорадо — 3 и 6, у линии 50/07 — 2 и 7. Это подтверждает вывод ученых о том, что селекция на сочетание в одном сорте потенциально высокой урожайности и устойчивости к экологическим стрессам является одной из сложных проблем [9].

В среднем за два года изучения сорта Алтом, Золотистая и линия 42/06 превысили сорт-стандарт более чем на 0,2 т/га. Наибольший интерес представ-

ляет линия 55/07, имеющая стабильно высокий ранг (6 и 7) и прибавку урожая к стандарту в среднем за два года +0,32 т/га. Все выше названные образцы можно отнести к высокотехнологичным, т.к. они имеют лучшую, по сравнению со стандартом, высоту прикрепления нижнего боба, меньшее количество плодов на участке стебля от поверхности почвы до 15 см (0–15 см), а также отличаются более высокой продуктивностью растений (табл. 3). Но фактором, ограничивающим выращивание сорта Алтом в Омской области, является его относительная позднеспелость, которая повышает риск получения некондиционных семян при затягивании вегетации в условиях достаточного или избыточного увлажнения при ГТК более 1.

Выводы. Результаты испытания в контрастных погодных условиях 25 образцов скороспелой сои подтверждают вывод ученых о том, что селекция на сочетание в одном сорте потенциально высокой урожайности и устойчивости к экологическим стрессам является одной из сложных проблем. Сравнительно засухоустойчивыми являются сорта Золотистая, Сибирячка и линия 55/07. Наибольший интерес для использования в производстве в зоне лесостепи Омской области представляют скороспелые высокотехнологичные образцы: отзывчивые на благопри-

Таблица 3

Характеристика лучших образцов по элементам структуры урожая (среднее за 2010–2011 гг.)

Сорт, линия	Высота, см		Количество на растении, шт.					Масса семян, г	
	растения	прикрепления 1-го боба	бобов на высоте 0–15 см	веток	продуктивных узлов	бобов	семян	1000 шт.	с 1-го растения
СибНИИК 315, St	58,5	11,1	2,71	0,95	10,3	18,6	32,9	151	4,98
Алтом	64,9	12,3	1,90	0,76	10,2	21,7	35,2	169	6,04
Эльдорадо	70,3	12,3	1,39	1,01	10,1	18,5	39,4	146	5,82
Золотистая	69,6	13,0	1,50	1,29	10,5	19,7	41,8	144	6,07
42/06	71,3	11,2	2,07	0,88	11,4	19,6	39,3	152	6,05
55/07	70,4	13,7	0,90	1,03	10,5	19,0	36,1	167	6,05

ятное гидротермическое обеспечение вегетационного периода — сорт Эльдорадо, районированный в 2010 г., и линия 42/06; а также — находящийся на ГСИ сорт Золотистая и линия 55/07, имеющие высокую урожайность семян как в стрессовых, так и в благоприятных погодных условиях. Сорт Золотистая включен в Госреестр селекционных достижений РФ с 2012 г. Фактором, ограничивающим выращивание высокоурожайного сорта Алтом в Омской области, является его относительная позднеспелость, проявляющаяся при ГТК более 1, которая повышает риск получения некондиционных семян сои.

Библиографический список

1. Кочегура, А. В. Селекционно-технологические аспекты стабилизации урожая сои на юге европейской части России / А. В. Кочегура, С. В. Зеленцов, В. А. Махонин // Масличные культуры : Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. — 2011. — Вып. 2 (148–149). — С. 41–45.
2. Макаров, А. Р. Влагонакопление и урожай полевых культур в засушливых условиях Западной Сибири / А. Р. Макаров, А. Е. Сницарь. — Омск, 2000. — 111 с.
3. Посевные площади сельскохозяйственных культур под урожай 2011 года : стат. бюл. / Омскстат. — Омск, 2011. — 48 с.
4. Рекомендации по возделыванию сортов сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания в Омской области за 2011 год / Сост. В. Д. Бойко [и др.]. — Омск : Вариант-Омск, 2011. — 140 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М. : Агропромиздат, 1985. — 352 с.
6. Международный классификатор СЭВ рода Glycine Willd / Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. — Петропавловск : Типография ВИР, 1990. — 46 с.
7. Ильина, Л. Г. Селекция на засухоустойчивость / Л. Г. Ильина // Генетика. — 1984. — Т. 20. — С. 1887–1893.
8. Вотчал, Е. Ф. Полевая физиология (нормальная и патологическая) и физиологическое сортоизучение в селекции / Е. Ф. Вотчал // Тр. Науч. ин-та селекции. — Киев, 1928. — Вып. 2. — С. 209–236.
9. Дьяков, А. Б. Тенденции в развитии научных основ селекции растений / А. Б. Дьяков // Масличные культуры : науч.-техн. бюл. ВНИИМК. — 2011. — Вып. 2 (148–149). — С. 4–23.

ОМЕЛЬЯНЮК Людмила Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), доцент кафедры землеустройства Омского государственного аграрного университета им. П. А. Столыпина, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур Сибирского НИИ сельского хозяйства (СибНИИСХ).

ТАНАКУЛОВ Асет Хабасович, аспирант лаборатории селекции зернобобовых культур СибНИИСХ.
АСАНОВ Акимбек Мырзаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции зернобобовых культур СибНИИСХ.

Адрес для переписки: sibniish@bk.ru

Статья поступила в редакцию 27.02.2012 г.

© Л. В. Омелянюк, А. Х. Танакулов, А. М. Асанов

Книжная полка

Моисеев, Н. Н. Рыбохозяйственная гидротехника с основами мелиорации : учеб. для вузов / Н. Н. Моисеев, П. В. Белоусов. — М. : Лань, 2012. — 176 с. — Гриф Мин. сельского хозяйства. — ISBN 978-5-8114-1266-2.

В учебном пособии приведены основные положения дисциплины «Рыбохозяйственная гидротехника с основами мелиорации». Пособие разработано согласно утвержденной программе по предмету «Рыбохозяйственная гидротехника с основами мелиорации». Книга предназначена для студентов, обучающихся по направлению подготовки (бакалавр) «Зоотехния», также может быть полезна студентам, обучающимся по направлению (бакалавр) «Водные биоресурсы и аквакультура», и работникам рыбохозяйственных предприятий.

АГРОТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯЧМЕНЯ В ЛЕСОСТЕПНЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Представлены результаты длительных стационарных опытов применения минимальных обработок почвы и средств химизации при возделывании ячменя на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири. Усовершенствованные агротехнологии ячменя базируются на ресурсосберегающих почвозащитной и комбинированной системах обработки почвы, при комплексном применении удобрений и гербицидов.

Ключевые слова: плодородие почвы, отвальная обработка, минимальная обработка, гербициды, удобрения, урожайность ячменя.

Введение. При разработке и освоении зональных систем земледелия и ресурсосберегающих технологий следует исходить из оценки конкретных почвенно-климатических особенностей такой обширнейшей территории, как Западная Сибирь. На территории региона в основных земледельческих зонах годовая сумма осадков колеблется в пределах от 270 мм в степи до 420 мм в северной лесостепи, сумма эффективных температур выше 10 °С составляет соответственно от 2200 до 1800 °С. В почвенном покрове пашни серые лесные составляют около 10 %, черноземы всех разновидностей занимают около 70 % и на солонцеватые почвы приходится около 6 % [1].

В регионе с учетом имеющихся почвенно-климатических ресурсов в структуре посевных площадей традиционно преобладают яровые зерновые культуры, которые занимают около 8,6 млн га (61 %), из них 6,2 млн га (72 %) отводится яровой пшенице. Зернофуражные культуры, в основном ячмень и овес, высеваются на площади около 2,5 млн гектаров, или 30 %.

Западная Сибирь вносит существенный вклад в зерновой баланс страны. Здесь производится ежегодно около 10–12 млн тонн зерна, или 13–15 % от валовых сборов РФ. На душу населения производится в год около 700 кг, или на 15 % больше, чем в среднем по стране, в Омской области около 1200 кг зерна, или в 2 раза больше, чем по РФ.

Отмечаемые особенности обуславливают совершенствование структуры использования пашни и посевных площадей, подбор более адаптированных продуктивных культур и сортов, качественных предшественников и соответствующей системы севооборотов как центрального звена любой системы земледелия.

В технологическом процессе при возделывании сельскохозяйственных культур на выполнение системы обработки почвы приходится примерно около 40 % энергетических и 25 % трудовых затрат. Поэтому не случайно в регионе за последние десятилетия при решении проблем увеличения производства растениеводческой продукции большое влияние

уделяется разработкам систем земледелия, где особое внимание обращено на почвозащитные и менее затратные приемы основной обработки почвы с применением в широком ассортименте средств химизации [2].

Результаты исследований. Данные длительных стационарных опытов в СибНИИСХ (1977–2010 гг.) свидетельствуют, что по выходу зерна с гектара пашни преимущество имеют в лесостепи 5–6-польные, в степной зоне — 4–5-польные севообороты.

Оценка различных предшественников под ячмень нового сорта Омский 90 показала, что наивысшие результаты по урожайности зерна получены по чистому пару (2,79 т/га) и после вики (2,57 т/га). Остальные изучаемые восемь предшественников по урожайности занимали промежуточное положение в пределах от 1,92 т/га (после повторного посева после кукурузы) и до 2,45 т/га (после повторного посева по чистому пару). При бессменном посеве ячменя урожайность составила 1,77 т/га, или на 45 % ниже результатов по сравнению с вико-овсяным и на 58 % — с паровыми предшественниками.

В засушливых зерносеющих зонах региона агрономическое значение чистого пара трудно переоценить. В сравнении с непаровыми предшественниками по пару перед посевом запасы нитратного азота составляют 140–150 кг/га, или на 60–70 % больше, засоренность посевов сокращается в 2–3 раза. Урожайность повторных посевов ячменя после чистого пара в обычные годы выше на 40–50 %, а в засушливые — в 2 раза, чем по непаровым предшественникам.

Поиск оптимальных систем основной обработки почвы в научно-исследовательских учреждениях региона осуществляется в широком диапазоне комбинаций способов, приемов и глубин в системе севооборотов. Исследования проводятся с учетом конкретных почвенно-климатических условий, агротехнических требований культур и ресурсного обеспечения.

В длительном стационарном опыте СибНИИСХ в южной лесостепи в среднем за 1978–2008 гг.

**Урожайность зерна (т/га) ячменя
в зависимости от технологии возделывания (южная лесостепь), 2001–2010 гг.**

Таблица

Вариант химизации (фактор В)	Система обработки почвы (фактор А)				Прибавка к контролю	
	отвальная	комбини- рованная	плоско- резная	средняя по В, НСР ₀₅ = =0,14	т/га	%
Контроль	1,28	1,17	1,14	1,20	—	—
Гербициды	2,26	2,23	2,06	2,18	0,98	82
Удобрения	2,13	1,96	1,95	2,01	0,81	68
Гербициды + удобрения	2,85	2,85	2,74	2,81	1,61	134
Средняя по А НСР ₀₅ = 0,12	2,42	2,40	2,35	2,39	—	—

для частных средних НСР₀₅ = 0,41 т/га

(31 год) наивысшую урожайность зерна — 3,19 т/га получена на фоне комплексного применения средств химизации в варианте с плоскорезной и комбинированной обработками — 3,12 т/га. По выходу зерна с 1 га площади пятипольного зернопаропропашного севооборота также выделились эти варианты соответственно 1,91 и 1,88 т/га. В этом же севообороте на замыкающем поле в 2001–2010 гг. проводилось сравнительное изучение технологий возделывания ячменя сорта Омский 90 в целях разработки продуктивных, менее затратных почвозащитных систем и приемов обработки почвы с эффективным использованием средств химизации.

В стационарном опыте сравнивались три системы основной обработки почвы: отвальная на глубину 20–22 см ежегодно, плоскорезная на глубину 10–12 см и комбинированная разнотракторная через год. Из средств химизации под ячмень применялись баковая смесь гербицидов (топик — 0,3 л/га + грэнч — 7 г/га), и удобрения — N₃₀P₃₀.

К посеву ячменя наибольшее увлажнение метрового слоя почвы отмечалось на варианте с комбинированной обработкой и составляло 144 мм продуктивной влаги. От применения комплексной химизации расход влаги культурой составил 96 мм на 1 тону зерна, или в 3 раза меньше в сравнении с контролем.

Наибольшая густота всходов отмечалась на вспашке и составляла 73 % от высеванных семян. На плоскорезной обработке почвы густота всходов снижалась в среднем на 56 шт./м², что в итоге оказало негативное влияние на продуктивность ячменя.

Засоренность посевов на контроле отмечалась очень сильной (38–59 % от биомассы агрофитоценоза) во всех вариантах обработки почвы с преобладанием мятликовых просовидных (47 %) и корнеотпрысковых видов (36 %). При применении удобрений (без гербицидов) наблюдалась наибольшая степень засорения посевов (до 1065 г/м², или 44 % от массы агрофитоценоза).

Анализ структуры урожая показал, что на контроле (без химизации) по биометрическим показателям основных элементов преимущество за вариантом с отвальной обработкой почвы. В варианте с плоскорезной обработкой отмечалось снижение продуктивных стеблей (на 12 %), числа зерен в колосе (на 12 %). При применении средств комплексной химизации по показателям структуры урожая преимущество варианта с отвальной обработкой сохранялось.

Урожайность зерна ячменя на контроле (без химизации) была низкой без существенных различий между вариантами обработок почвы — 1,14–1,28 т/га (табл.).

Применение гербицидов обеспечило основную прибавку урожая зерна культуры — 0,98 т/га или 82 %. В варианте с применением удобрений (без гербицидов) прибавка была также существенной, но меньше, чем от гербицидов. Комплексное применение удобрений и гербицидов позволяет повысить урожайность в 2,3 раза, до 2,81 т/га, при этом различия между вариантами обработки ещё более нивелируются. Следовательно, применение ресурсосберегающих агротехнологий возделывания ячменя в лесостепной зоне очень выгодно, позволяет надёжно защищать почву от эрозии, обеспечивает высокий уровень урожайности и экономически обосновано.

Заключение. В регионе на черноземных почвах лесостепной зоны усовершенствованная агротехнология ячменя базируется на ресурсосберегающей почвозащитной и комбинированной системе обработки почвы, при комплексном применении удобрений и гербицидов, на выращивании новых сортов, обеспечивающая урожайность на уровне 2,8 т/га, с превышением экстенсивных технологий на 130–135 %.

Библиографический список

1. Научные основы земледелия равнинных ландшафтов Западной Сибири / Березин А. В. [и др.] — Омск : ОмГАУ, 2007. — 312 с.
2. Холмов, В. Г. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири / В. Г. Холмов, А. В. Юшкевич — Омск : ОмГАУ, 2006. — 396 с.

ЕРШОВ Василий Леонидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия и растениеводства Омского государственного аграрного университета им. П. А. Столыпина.
ХОЛМОВ Владимир Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела земледелия Сибирского НИИ сельского хозяйства.

Адрес для переписки: ershov-omgay@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 06.06.2012 г.

© В. А. Ершов, В. Г. Холмов