

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК [631.8:546.47]:633.11 "324" (571.13)

**И. А. БОБРЕНКО
Н. В. ГОМАН
В. И. ПОПОВА
Е. П. БОЛДЫШЕВА**

Омский государственный
аграрный университет
им. П. А. Столыпина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСНОВНОГО ВНЕСЕНИЯ ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМЫЕ ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В полевых опытах на лугово-черноземной почве установлено, что растения озимых зерновых культур положительно отзываются на внесение цинковых удобрений. Определены агрохимические нормативные параметры минерального питания озимой пшеницы и ржи.

Ключевые слова: озимая пшеница, озимая рожь, химический состав почвы, урожайность, качество, вынос, цинковые удобрения.

Из озимых зерновых культур в России наибольшее значение имеют пшеница и рожь. Большая их урожайность определяется тем, что озимые полнее используют осадки осеннего периода и весеннюю влагу. Озимые уходят от целого ряда неблагоприят-

ных внешних воздействий, которые наносят большой вред яровым. Весенние пыльные бури они встречают уже окрепшими и не страдают от выдувания; созревая раньше яровых, озимые уходят в Западной Сибири от осенних заморозков. Высокая кустистость

Влияние основного внесения цинковых удобрений на урожайность зерна озимой пшеницы на лугово-черноземной почве (по фону N₃₀, 2007–2010 гг.)

Вариант	Урожайность зерна, т/га				Прибавка	
	2007–2008 гг.	2008–2009 гг.	2009–2010 гг.	средняя	т/га	% к контролю
Контроль	3,30	1,79	2,19	2,43	—	—
Zn ₄	4,59	2,30	2,34	3,07	0,64	26,3
Zn ₈	3,98	1,93	2,85	2,93	0,50	20,6
P ₆₀	4,24	2,29	2,34	2,96	0,53	21,8
P ₆₀ + Zn ₄	4,50	2,64	2,35	3,16	0,69	28,4
P ₆₀ + Zn ₈	4,54	2,72	2,56	3,28	0,85	35,0
HCP ₀₅	0,22	0,16	0,16			

Таблица 2

Влияние основного внесения цинковых удобрений на урожайность зерна озимой ржи на лугово-черноземной почве (по фону N₃₀, 2007–2010 гг.)

Вариант	Урожайность зерна, т/га				Прибавка	
	2007–2008 гг.	2008–2009 гг.	2009–2010 гг.	средняя	т/га	% к контролю
Контроль	3,49	3,97	3,56	3,67	—	—
Zn ₄	3,84	4,06	3,65	3,85	0,18	4,81
Zn ₈	4,06	4,65	3,74	4,15	0,48	13,1
P ₆₀	3,69	4,65	3,90	4,08	0,41	11,2
P ₆₀ + Zn ₄	4,16	5,74	3,96	4,62	0,95	25,9
P ₆₀ + Zn ₈	3,53	4,00	3,77	3,77	0,10	2,72
HCP ₀₅	0,24	0,21	0,16			

и быстрый темп весеннего отрастания дают им возможность хорошо бороться с сорняками. Наличие озимых культур делает валовые сборы зерна более устойчивыми по годам [1, 2].

По данным исследований состояния почвенных ресурсов Омской области в первом минимуме часто находится цинк. Низкое его содержание отмечено на 2878,5 тыс. га, или 98,8 % обследованной площади. Как правило, лугово-черноземные почвы низко обеспечены и фосфором. Но при внесении фосфорных удобрений в почву подвижность цинка снижается, и коэффициент использования его из почвы уменьшается. Разработка сбалансированного и оптимального питания цинком озимых зерновых культур даст возможность оптимизировать питание с целью получения высокого урожая зерна в количественном и качественном отношении [3].

Цель исследований — выявить эффективность основного внесения цинковых удобрений под озимые зерновые культуры на лугово-черноземной почве Омской области.

Объекты и методы исследования. Полевые опыты проводились в 2007–2010 гг. на полях СибНИИСХа. Сорт озимой пшеницы — Омская 4, ржи — Сибирь 3. Содержание в пахотном слое нитратного азота и подвижного фосфора — среднее, обменного калия — высокое, подвижного цинка — низкое.

Расположение делянок на опытном участке систематическое. Площадь делянок — 16 м². Повторность вариантов в опыте трёхкратная, расположение повторностей — в один ярус. Формы удобрений — суперфосфат двойной, калий хлористый и сернокислый цинк. Агротехника — общепринятая для зоны.

Результаты исследований. Исследования выявили разнообразное положительное действие цинковых

удобрений на урожайность озимой пшеницы в зависимости от доз и фона применения (табл. 1). Основное внесение цинковых удобрений в дозах 4 и 8 кг/га без применения фосфорных удобрений позволило сформировать высокую прибавку урожая (0,64 и 0,50 т/га при урожайности в контрольном варианте 2,43 в среднем по годам исследований), при этом окупаемость цинка удобрений была даже выше, чем от их внесения на фосфорном фоне. В целом наибольшая прибавка урожая зерна пшеницы 0,85 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 0,64 и 0,69 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 [4–6]. Для преодоления негативного влияния данного фактора потребовалось увеличение дозы цинка до 8 кг/га, что позволило получить наивысшую урожайность в опыте.

Также выявлено положительное действие цинковых удобрений и на урожайность озимой ржи (табл. 2). Основное внесение сернокислого цинка оказалось эффективнее на фоне P₆₀. Так, цинк в дозе 4 кг/га на фоне P₆₀ обеспечил прибавку урожая зерна озимой ржи в 0,95 т/га, что выше, чем применение цинковых удобрений как в такой же дозе без фосфорного фона, так и при применении 8 кг/га цинка.

Таким образом, исследования показали высокую эффективность цинковых удобрений под озимые

Таблица 3
Влияние внесения цинковых удобрений на качество и натуру зерна озимой пшеницы
(по фону N₃₀, среднее 2007–2009 гг.)

Вариант	Натура, г/л	Стекловидность, %	Белок, %	Клейковина, %
Контроль	735	50	16,0	33,0
Zn ₄	742	50	16,3	32,9
Zn ₈	730	50	17,0	34,5
P ₆₀	730	50	16,7	33,7
P ₆₀ + Zn ₄	741	50	16,5	33,4
P ₆₀ + Zn ₈	758	51	17,1	34,5

Таблица 4
Влияние внесения цинковых удобрений на качество и натуру зерна озимой ржи
(по фону N₃₀, среднее 2007–2009 гг.)

Вариант	Натура, г/л	Стекловидность, %	Белок, %	ЧП, сек
Контроль	657	41	15,1	77
Zn ₄	663	40	15,6	72
Zn ₈	668	39	15,2	98
P ₆₀	656	35	15,3	92
P ₆₀ + Zn ₄	660	38	15,4	73
P ₆₀ + Zn ₈	673	39	15,4	105

пшеницу и рожь на лугово-черноземной почве лесостепи Омской области в основное внесение.

Потенциальные возможности роста и развития растений могут реализовываться только в оптимальных условиях, в том числе минерального питания. При недостаточном уровне и неправильном соотношении элементов питания в вегетативной массе почти не образуются резервы пластических веществ для формирования высокого урожая, а тем более доброкачественного.

По химическому составу и соотношению питательных веществ зерно пшеницы и ржи 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.

Показатели качества зерна урожая озимых зерновых культур изменялись в зависимости от применения цинковых удобрений (табл. 3 и 4). Можно отметить положительное влияние цинковых удобрений на содержание белка в зерне, особенно озимой пшеницы - повышение его содержания от данного приема наблюдалось в большинстве вариантов.

Отмечается в целом положительное влияние цинковых удобрений и на содержание клейковины в зерне. Так, при внесении Zn₈ как на фоне P₆₀, так и без него содержание в зерне озимой пшеницы клейковины составило 34,5 %, а без цинка соответственно 33,7 и 33,0. Положительное влияние цинковых удобрений на содержание белка и клейковины в зерне отмечается также и другими исследователями [7–9].

Биологические особенности растений и условия их выращивания определяют вынос элементов минерального питания урожаем сельскохозяйственных

культур. Соотношение элементов питания, расходуемых на содержание сельскохозяйственной продукции, может значительно меняться в зависимости от культуры, сорта или гибрида и структуры урожая.

Анализируя данные по валовому содержанию элементов питания в зерне озимой пшеницы, можно отметить, что содержание азота по всем вариантам, где вносится цинк, варьирует от 2,24 % до 2,67 % (табл. 5), что больше, чем в контрольном варианте (2,03 %). Соответствующие показатели для озимой ржи — 2,50–3,00 и 2,47 %. Валовое содержание азота и фосфора в соломе гораздо ниже, а калия — выше, чем в зерне озимых культур.

Определение содержания элементов в растениях необходимо для определения нормативных агрохимических показателей, данные о которых приведены ниже.

При расчёте доз удобрений с целью обеспечения запланированного урожая многие исследователи исходят из выноса питательных элементов урожаем, отождествляя эту величину с потребностью растения в питательных веществах. Вынос элементов минерального питания урожаем — важнейший агрохимический показатель, применение которого дает большие возможности для определения потребности возделываемых растений в минеральных удобрениях и в планировании их применения, а также в поддержании баланса минерального питания и сохранения плодородия почвы.

Учет выноса урожаем питательных веществ из почвы рассматривается и как один из важнейших показателей при определении рациональных доз удобрений. Этот показатель неустойчив и колеблется в широких пределах в зависимости от количества внесенных удобрений, типа почвы, ее гранулометрического состава, запасов и соотношений подвижных форм азота, фосфора и калия, кислотности, погодных условий (осадков, температуры и др.), агротехники, сортовых особенностей культур, соотношения между основной и побочной продукцией и т. д.

Таблица 5
Влияние цинковых удобрений на валовое содержание элементов питания
в растениях озимых зерновых культур (по фону N₃₀, среднее 2007–2009 гг.), %

Вариант	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница						
Контроль	2,03	0,65	0,54	0,84	0,20	1,10
Zn ₄	2,67	0,75	0,58	0,91	0,30	1,43
Zn ₈	2,67	0,68	0,56	1,19	0,22	0,96
P ₆₀	2,81	0,75	0,58	1,12	0,30	1,20
P ₆₀ + Zn ₄	2,39	0,85	0,67	0,83	0,35	1,10
P ₆₀ + Zn ₈	2,24	0,72	0,65	0,84	0,40	1,10
Озимая рожь						
Контроль	2,47	0,73	0,57	0,59	0,24	1,38
Zn ₄	2,50	0,72	0,53	0,97	0,24	1,50
Zn ₈	2,57	0,73	0,56	0,84	0,29	1,53
P ₆₀	2,82	0,97	0,65	0,77	0,27	1,47
P ₆₀ + Zn ₄	3,00	0,75	0,66	0,76	0,24	1,52
P ₆₀ + Zn ₈	2,54	0,66	0,66	0,77	0,28	1,43

Таблица 6
Вынос элементов питания озимыми зерновыми культурами
в зависимости от цинковых удобрений, кг/га (по фону N₃₀, среднее 2007–2009 гг.)

Вариант	Вынос зерном			Вынос соломой			Общий вынос			Вынос единицей продукции, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница												
Контроль	80,2	19,0	15,4	29,3	9,2	47,3	109,5	28,2	62,7	32,7	10,5	24,1
Zn ₄	106,9	30,6	22,9	32,8	12,5	65,6	139,7	42,8	73,0	37,6	11,9	29,5
Zn ₈	91,5	22,3	18,8	33,1	8,4	29,4	124,6	30,6	48,1	39,4	9,9	18,6
P ₆₀	98,0	27,0	19,2	34,1	10,5	41,9	132,1	39,8	72,0	40,5	12,0	25,1
P ₆₀ + Zn ₄	95,4	34,2	26,8	27,5	20,4	47,2	122,8	54,6	76,2	33,4	15,0	25,0
P ₆₀ + Zn ₈	87,4	28,9	25,2	30,8	21,5	56,9	118,1	50,4	82,1	32,1	13,1	26,1
Озимая рожь												
Контроль	108,5	29,0	30,2	24,7	10,1	46,2	133,2	39,1	76,3	35,0	11,6	20,2
Zn ₄	102,5	29,5	30,9	38,5	17,6	47,5	141,0	47,1	78,5	35,5	13,5	19,8
Zn ₈	119,5	33,6	31,4	39,2	13,7	62,4	158,6	47,3	93,7	35,7	13,4	21,1
P ₆₀	126,4	42,8	31,7	34,2	12,0	59,4	160,5	54,8	91,1	37,1	15,9	21,3
P ₆₀ + Zn ₄	161,7	41,4	44,9	35,2	11,0	54,4	196,9	52,4	99,3	37,5	14,9	20,0
P ₆₀ + Zn ₈	131,8	24,9	30,5	32,5	11,7	50,6	164,2	36,7	81,2	31,4	10,8	22,3

Главными факторами, влияющими на вынос питательных элементов на единицу продукции, являются удобрения и условия водообеспечения. При благоприятном обеспечении влагой происходит усиление роста вегетативной массы растений, при этом повышается потребление и вынос элементов питания из почвы. Существенное значение в количестве выносимых элементов играет температурный режим, в прохладные годы в период вегетации вынос элементов питания намного меньше, чем в годы с высокой температурой. Помимо этого наблюдается различие в соотношении количества выносимых элементов питания, так в условиях засухи вынос азота и калия на единицу урожая резко возрастает, а фосфора уменьшается.

В наших исследованиях вынос основных элементов питания в зависимости от культуры, внесенных

доз удобрений и условий вегетации менялся значительно (табл. 6). Так, в контроле общий вынос озимой пшеницей составил: азота — 109,5 кг/га, фосфора — 28,2, калия — 62,7; а в варианте Zn₄ соответственно 139,7; 42,8; 73,0 кг/га. В контрольном варианте озимая рожь потребляла азота 133,2 кг/га, фосфора — 39,1, калия — 76,3, а в варианте P₆₀ + Zn₄ соответственно 196,9; 52,4; 99,3 кг/га. Увеличение выноса на удобрённых вариантах определялось как повышением урожайности зерна, так и химическим составом растений.

Нормативные параметры минерального питания озимых зерновых культур представлены в табл. 7. Нами определены коэффициенты использования питательных элементов из почвы (КИП) озимыми культурами в оптимальных вариантах, — то есть в условиях, которые мы стремимся создать при

Нормативные агрохимические показатели озимых зерновых культур

Таблица 7

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница			
КИП	0,68	0,24	0,17
КИУ	—	0,20	—
Потребление для создания 1 т зерна, кг	35	15	25
Nт, кг/га	90	—	—
Озимая рожь			
КИП	0,87	0,30	0,17
КИУ	—	0,27	—
Потребление для создания 1 т зерна, кг	40	15	20
Nт, кг/га	140	—	—

выращивании культур. Коэффициенты использования из почвы элементов питания озимой пшеницей составили по азоту 0,68, по фосфору — 0,24, по калию — 0,17, озимой рожью — соответственно 0,87; 0,30; 0,17.

Известно, что удобрения являются мощным фактором, влияющим на доступность растениям питательных веществ. В связи с этим важным является точное определение коэффициента использования из удобрений (КИУ). Чаще всего он определяется разностным методом — отношение разности в выносе данного элемента урожаем удобренного и не-удобренного вариантов к внесенной дозе удобрений. Таким путем получают коэффициенты использования из удобрений, которые учитывают и прямое использование растением элементов удобрений, и косвенное — дополнительное использование элементов питания почвы за счет лучшего развития корневой системы растений в результате применения удобрений. Учет и прямого и косвенного действия удобрений является необходимым условием правильного планирования урожайности. Коэффициенты использования питательных веществ из фосфорных удобрений составили для озимой пшеницы 0,20, а для озимой ржи — 0,27 (табл. 7).

Также установлены другие нормативные агрохимические показатели. Для создания 1 т зерна озимая пшеница потребовала азота 35 кг, фосфора — 15 кг, калия — 25 кг; озимая рожь — соответственно 40; 15; 20. Азот текущей нитрификации (Nт) для озимой пшеницы составил 90 кг/га, ржи — 140.

На основании полученных агрохимических нормативных показателей можно рассчитать дозы и сочетания минеральных удобрений на планируемую урожайность или на планируемую прибавку урожая озимых пшеницы и ржи.

Таким образом, в результате исследований установлена высокая эффективность применения цинковых удобрений в основное внесение на лугово-черноземной почве под озимые пшеницу и рожь, разработаны нормативные агрохимические показатели для определения доз макроудобрений под данные культуры. Результаты исследований дают возможность в производственных условиях диагностировать состояние минерального питания растений и оптимизировать его применением удобрений при выращивании озимых зерновых культур на лугово-черноземных почвах в условиях региона.

Библиографический список

1. Зиганшин, А. А. Озимая рожь / А. А. Зиганшин, Л. Р. Шафрулин. — М. : Россельхозиздат, 1981. — 216 с.
2. Полевые культуры Западной Сибири : учеб. пособие / Л. И. Шанина [и др.]. — Омск, 2002. — 459 с.
3. Красницкий, В. М. Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири / В. М. Красницкий. — Омск : ОмГАУ, 2002. — 144 с.
4. Ермохин, Ю. И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе «ПРОД») : монография / Ю. И. Ермохин, И. А. Бобренко. — Омск : Изд-во ОмГАУ, 2005. — 284 с.
5. Ильин, В. Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В. Б. Ильин, А. И. Сысо. — Новосибирск : СО РАН, 2001. — 229 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. Катальмов, М. В. Микроэлементы и микроудобрения / М. В. Катальмов. — М.—Л. : Химия, 1965. — 329 с.
8. Кострицина, М. Н. Влияние серы и цинка на урожайность и качество яровой пшеницы на фоне макроудобрений в условиях Алтайского Приобья / М. Н. Кострицина : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04. — Барнаул, 2007. — 223 с.
9. Москвитин, А. С. Влияние азотных удобрений, сульфата цинка и гербицидов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Алтайского Приобья / А. С. Москвитин : автореф. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04. — Барнаул, 2005. — 18 с.

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

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

ПОПОВА Валентина Ивановна, заведующая лабораторией экологии и биологии, аспирантка кафедры агрохимии.

БОЛДЫШЕВА Елена Павловна, ассистент, аспирантка кафедры агрохимии.

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

Статья поступила в редакцию 28.03.2011 г.

© И. А. Бобренко, Н. В. Гоман, В. И. Попова, Е. П. Болдышева

ВЕЛИЧИНА НАКОПЛЕНИЯ ДОСТУПНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В полевых опытах определены оптимальные параметры накопления доступного минерального азота почвы под растением тысячелистника обыкновенного. Это позволило разработать для Омского Прииртышья оптимальные уровни содержания нитратного азота в слое почвы 0–30 см для получения качественного в биологическом отношении урожая сухого вещества тысячелистника до 10 т/га.

Ключевые слова: нитратный азот, тысячелистник обыкновенный, усвоение азота из почвы, удобрения.

Известно, что азотные удобрения высокоэффективны практически на всех типах почв мира при внесении под сельскохозяйственные культуры. Азот является решающим фактором урожая и основой удобрения. По этой причине земледелец должен всегда следить за тем, чтобы урожай не лимитировался недостатком азота. Широко распространенный дефицит азота представляет научный и практический интерес для агрохимии, изучающей трансформацию азота в системе «почва – удобрение – растение» с целью всемерного увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур высокого качества в биологическом отношении [1].

Сейчас особый интерес представляет проблема диагностики азотного питания различных растений и эффективности применения удобрений.

Интересный подход к диагностике азотного питания растений отмечается в рамках системы «ПРОД-ОмГАУ» (почвенно-растительная оперативная диагностика), базирующейся на концепции единства почвы и растений. Данная модель предполагает, что азотное питание тесно связано с фосфорно-калийным питанием. Система «ПРОД-ОмГАУ» рассматривается как новая, целостная, организованная система из ранее не связанных элементов, часто обладающих различной автономией [2]. Такая система является интеграционной и основана на трех принципах:

1) способности почвы удовлетворить потребность растений питательными веществами (нитратным азотом, подвижным фосфором, обменным калием, микроэлементами);

2) потребности растений и их способности к усвоению этих веществ в конкретных условиях сельскохозяйственного производства (ПЭУ, КИП, накоплением доступного азота под растением — N_m , вынос элементов питания в различные фазы роста и т.д.);

3) состояние питания растений и расчет доз удобрений в период роста и развития (оптимальные уровни и соотношения макро- и микроэлементов в листьях и целых растениях по фазам роста и развития, K_n — коэффициент потребности в питательных веществах, «b» — коэффициента интенсивности

действия внесенного удобрения на его химический состав и т.д.).

Решение этих трех принципов производится по результатам экстрагирования элементов питания из почвы и растений (неорганические формы) 2%-ной уксуснокислой вытяжкой. Данный метод достаточно чувствителен, быстр, хорошо зарекомендовал себя в условиях Сибири с большим набором выращивания зерновых, кормовых, овощных культур и картофеля. В данной статье мы уделили внимание одной проблеме, которая до сих пор не решена или не получила должного внимания, — по динамике накопления доступного азота почвы под растением, в которой сконцентрированы действие природных факторов, способствующих обогащению азотом почвы верхнего горизонта с учетом биологии культуры, в данном случае тысячелистника обыкновенного, возделываемого в Западной Сибири.

Определение оптимальных параметров содержания доступного для тысячелистника обыкновенного азота почвы в ответственные ее фазы развития позволяет определить потребность в азотных удобрениях методом элементарного баланса:

а) учитывают вынос азота тысячелистником в ответственные фазы роста и развития — N_b , кг/га (цветение);

б) наличие весной (перед посевом) в почве минерального азота ($N-NO_3$ в слое 0–30 или 0–40 см) — N_n , кг/га;

в) остаток минерального ($N-NO_3$) азота в почве под растением в конкретные фазы развития культуры — N_o , кг/га;

В литературе не уделялось внимание несимбиотической фиксации азота в ризосфере тысячелистника обыкновенного за счет свободноживущих азотфиксаторов. Предложенная нами методика накопления доступного азота почвы под растением (N_m , кг/га) в период роста и развития суммарно опосредована такими величинами, как: вынос азота растением (N_b , кг/га), остаток минерального азота ($N-NO_3$) в почве под растением (N_o , кг/га) и размер минерализации органического вещества почвы — текущая нитрификация.

Динамика накопления доступного азота лугово-черноземной почвы под тысячелистником обыкновенным в среднем за 2008–2010 гг.

Вариант	N_n — до посадки, кг/га	N_b — вынос азота урожаем, кг/га	N_o — остаток под растением, кг/га	B_N — баланс азота, кг/га	N_m — мобилизация N под растением, кг/га	КИП азота
1	94,0	234,4	24,9	259,4	165,4	0,90
2	128,5	225,8	29,2	255,0	126,5	0,89
3	119,5	268,0	23,6	291,5	172,0	0,92
4	76,3	239,2	14,3	253,5	177,2	0,94
5	100,1	270,4	21,7	292,1	192,0	0,93
6	137,2	283,5	34,2	317,7	180,5	0,89
7	162,4	288,1	29,4	317,6	155,1	0,91
8	124,9	226,1	20,1	246,1	121,2	0,92
9	139,3	258,0	21,2	279,2	139,9	0,92
10	141,1	213,9	25,5	239,4	98,3	0,89

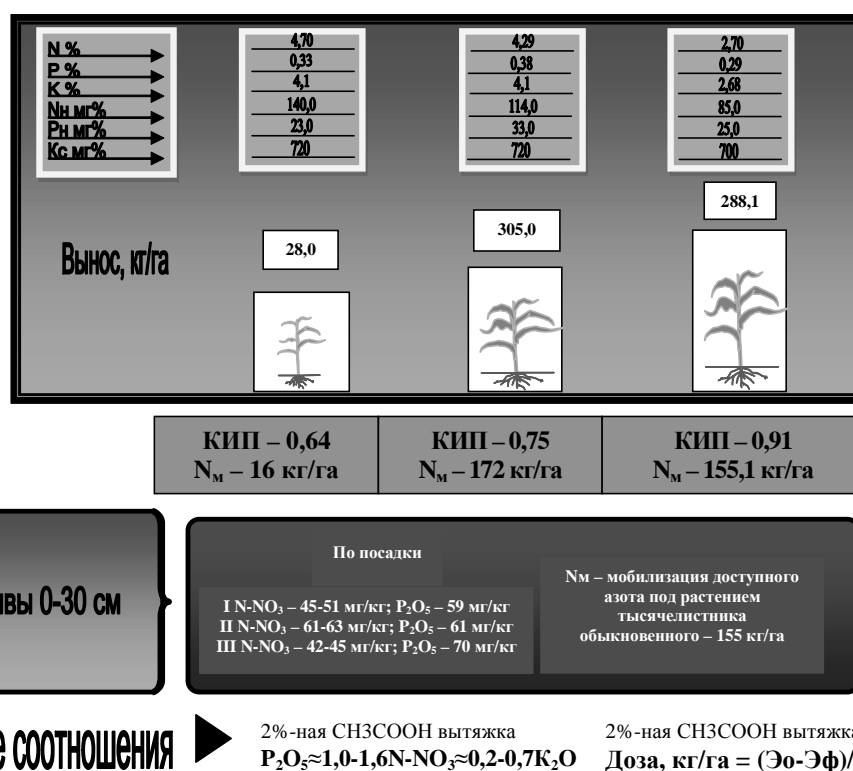


Рис. 1. Моделирование режима оптимального сбалансированного минерального питания тысячелистника обыкновенного по системе «ПРОД-ОмГАУ»

В табл. 1 показана динамика накопления доступного минерального азота почвы под растениями тысячелистника обыкновенного, рассчитанная по формуле (1):

$$N_m = N_b + N_o - N_n, \text{ кг/га;} \quad (1)$$

где N_m — накопление доступного минерального азота почвы под растением в зависимости от биологии развития тысячелистника обыкновенного, кг/га; N_b — потребности тысячелистника и ее способности к усвоению азота в конкретных условиях (вынос азота тысячелистником, кг/га с учетом коэффициента использования азота из почвы (КИП, %); N_o — остаток минерального ($N-NO_3$) азота в почве под растением, приуроченный к определенным фазам онтогенеза, кг/га;

N_n — содержание нитратного азота в почве до посадки тысячелистника обыкновенного, кг/га.

Следует отметить, что потребность тысячелистника в азоте при формировании урожая до 10 т/га сухого вещества составляет в фазу образования бутонов и цветения соответственно 305,0 и 288,1 кг/га, а его способность к усвоению азота почвы была 0,75 и 0,91, то есть 75 и 91 % (рис. 1). В то время как на ранних фазах развития тысячелистника (период отрастания) способность к усвоению азота из почвы (КИП) оценивалось 64 %. В ранний период жизни тысячелистника обыкновенного весной, в условиях Западной Сибири, накопление доступного азота в почве под растением в виде нитратного составляло 16 кг/га. В более поздние фазы величина доступного азота (N_m) в полевых условиях достигает 155,1 – 172,0 кг/га. Определены оптимальные уровни элементов питания

$B - 288,1$ кг/га	$N - NO_3 = \frac{N_n (\text{кг/га})}{0,90} - N_m = \frac{288,1}{0,91} - 155,1 = 162,0 \text{ кг/га}$
$KИП - 0,91$	
$N_m - 155,1$ кг/га	
$N-NO_3$, кг/га?	

Рис. 2. Расчеты содержания $N-NO_3$ в почве под растением тысячелистник обыкновенный, фаза цветения, кг/га

N_n , кг/га	→	N_m , кг/га
85,1	→	171,3
118,3	→	152,9
138,2	→	141,9
151,7	→	126,7

Рис. 3. Ранжирование содержания нитратного азота в почве до посадки тысячелистника обыкновенного и накопления доступного азота в почве под растением

в почве (слой 0–30 см, мг/кг) по годам использования культуры и в растениях тысячелистника обыкновенного по фазам роста и развития (%), (мг%) (рис. 1).

Таким образом, согласно первому пункту интеграционной системы «ПРОД-ОмГАУ», способности почв удовлетворять потребность растений тысячелистника в азоте можно сделать вывод, что для формирования урожая сухого вещества тысячелистника обыкновенного 10 т/га, накопление доступного азота почвы ($N-NO_3$, кг/га) под растением к периоду уборки составляет:

$$N_m = 288,1 + 29,4 - 162,4 = 155,1 \text{ кг/га.}$$

При учете уровня содержания $N-NO_3$ в слое почвы 0–30 см до посадки (N_n) — 162,4 кг/га (лучший вариант по урожайности $N_{135}P_{45}K_{45}$) и накопления доступного азота в почве под растением (N_m , кг/га) тысячелистника обыкновенного в период уборки 155,1 кг/га (табл. 1) баланс минерального азота почвы в виде $N-NO_3$ можно рассчитать по формуле (2–3):

$$B_{N-NO_3} = N_n + N_m, \text{ кг/га} \quad (2)$$

или

$$B_{N-NO_3} = \frac{N_n}{KИП}, \text{ кг/га.} \quad (3)$$

Приведем расчет баланса:

$$B_{N-NO_3} = 162,4 \text{ кг} + 155,1 \text{ кг} = 317,5 \text{ кг/га;}$$

$$B_{N-NO_3} = 288,1 / 0,91 = 317,0 \text{ кг/га.}$$

Из данных табл. 1 можно сделать вывод, что фактический баланс азота в почве, рассчитанный по формуле (2) и установленный с учетом потребности культуры в азоте и способности ее к усвоению азота из почвы (формула 3), хорошо согласуются.

Если полученные в процессе исследования величины накопления доступного минерального азота в почве (N_m) под растениями и способности растений к усвоению азота из почвы ($KИП$) считать в качестве «нормативных» количественных характеристик, то их можно практически использовать в земледелии при диагностировании азотного питания, прогнози-

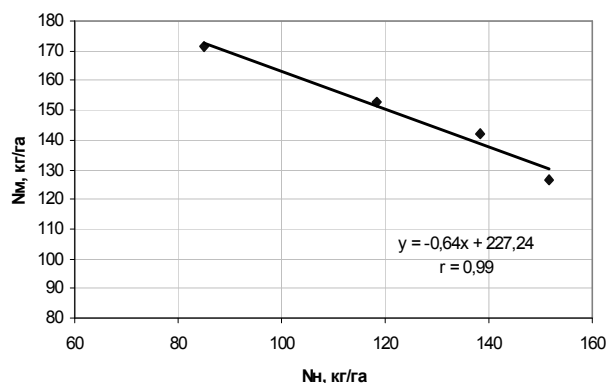


Рис. 4. Связь между содержанием нитратного азота в почве до посадки тысячелистника обыкновенного и накоплением доступного азота в почве под растением (в среднем за годы исследования)

ровании величины урожая и расчета доз удобрений для конкретных культур (в данном случае тысячелистника обыкновенного).

Таким образом, установлено, что для получения урожая сухого вещества тысячелистника обыкновенного до 10 т/га оптимальное количество содержания минерального азота ($N-NO_3$) в слое почвы 0–30 см должно быть 162,0 кг/га.

Данный уровень содержания $N-NO_3$ в почве (кг/га), как оптимальная величина подтверждается и балансовым методом расчета по формуле (4):

$$N - NO_3 = \frac{B}{KИП} - N_m, \quad (4)$$

где $N-NO_3$ — количество азота почвы, способное удовлетворить потребность растений в конкретную фазу роста, кг/га;

B — потребность растений в азоте в конкретную фазу роста и развития, кг/га;

$KИП$ — способности растений к усвоению минерального азота почвы в основные фазы развития, кг/га;

N_m — величина мобилизационного минерального азота в почве под растением, кг/га.

В качестве примера сделаем расчеты по определению $N-NO_3$, кг/га (рис. 2, табл. 1).

Таким образом, определение оптимальных параметров накопления доступного (минерализованного) азота почвы под растением и других агрохимических и физиологических характеристик, в рамках концепции единства почвы и растения позволило на лугово-черноземной почве Западной Сибири разработать оптимальный уровень содержания $N-NO_3$ в почве слоя 0–30 см в пределах 162,0 кг/га или около 4,5 мг/100 г почвы для получения урожая сухого вещества тысячелистника обыкновенного в пределах 10 т/га.

Для формирования 1 т надземной массы тысячелистника, при благоприятных внешних факторах,

Таблица 2

Прогнозирование накопления доступного азота в почве под растением тысячелистника обыкновенного

N_m , кг/га	Прогноз N_m , кг/га	Фактическое N_m , кг/га
85,1	172,7	171,3
118,3	151,5	152,9
138,2	138,8	141,9
151,7	130,1	126,7

затрачивается азота 0,45 мг/100 г почвы, что составляет 16,2 кг азота.

С помощью различных доз минеральных удобрений были созданы различные уровни содержания нитратного азота в слое почвы 0–30 см, которые позволили провести ранжирование данного элемента до посадки (N_n) и накопления доступного азота в почве под растением (N_m — табл. 1) и получить следующие данные (рис. 3).

Математическая обработка выше полученных характеристик позволила выявить зависимость накопления мобилизационного азота в почве под растением от уровня содержания $N-NO_3$ в почве до посадки тысячелистника обыкновенного (уравнение 5, рис. 4).

$$Y = -0,64x + 227,24, \quad r = -0,99. \quad (5)$$

Таким образом, при содержании нитратного азота в слое почвы 0–30 см до посадки культуры от 85 до 152 кг/га снижается мобилизация доступного азота под растением (N_m , кг/га), что связано по видимому с дозами внесения азота выше 100 кг д.в./га в определенных условиях, это не только способствует азотфиксации, но и угнетает, то есть снижает ассоциативную азотфиксацию в фитоплане (ризосфере и филосфере) небобовых культур. В условиях умеренного климата, с низким уровнем увлажнения почвы и атмосферы, размеры фиксации азотфиксирующих микроорганизмов в ассоциациях корней небобовых с диазотрофами имеют свои особенности в зависимости от вида растений, типа почвы, окислительно-восстановительных процессов, размера минерализации органического вещества почвы [3].

Используя формулу (5) можно выполнить прогноз накопления доступного азота в лугово-чернозем-

ной почве под растением тысячелистника обыкновенного в зависимости от уровня содержания нитратного азота в почве весной в период начала роста (табл. 2).

Учет накопления доступного азота почвы под растением тысячелистника (N_m , кг/га) позволяет перейти от простого эмпиризма с удобрениями на научно обоснованное диагностирование, прогнозирование эффективности и практический расчет доз удобрений.

Библиографический список

1. Ермохин, Ю. И. Научная школа Сибирского агрохимика в развитии отечественного и зарубежного опыта диагностики азотного питания растений и применения азотных удобрений / Ю. И. Ермохин. — Омск : Вариант-Омск, 2008. — 36 с.
2. Ермохин, Ю. И. Отечественный и зарубежный опыт диагностики азотного питания растений и применение азотных удобрений : учеб. пособие / Ю. И. Ермохин. — Омск : ОмГАУ, 1999. — 80 с.
3. Ермохин, Ю. И. Почвенная диагностика обеспеченности растений макро- и микроэлементами на черноземах Западной Сибири / Ю. И. Ермохин. — Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. — 92 с.

ЕРМОХИН Юрий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), профессор кафедры агрохимии.

ТИЩЕНКО Наталья Николаевна, аспирантка кафедры агрохимии.

Адрес для переписки: e-mail: arseniaj@gmail.com

Статья поступила в редакцию 13.12.2010 г.

© Ю. И. Ермохин, Н. Н. Тищенко

Книжная полка

Маркова, И. А. Лесные культуры : учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / И. А. Маркова, Ю. И. Данилов. — М. : Academia, 2011. — 400 с. — ISBN 978-5-7695-6228-0.

В учебнике рассмотрены все основные этапы создания лесных насаждений различного целевого назначения. Рассмотрены вопросы организации лесосеменного дела, выращивания посадочного материала в лесных и плодовых питомниках, создания лесных культур, лесомелиорации, специфики лесокультурных работ на территориях с радиоактивным загрязнением; изложены современные технологии производства и агротехника работ для различных условий местопроизрастания. Особое внимание уделено ускоренному выращиванию целевых сортиментов древесины хвойных пород на специальных плантациях, вопросам реконструкции малоценных насаждений, стандарту на лесные культуры при переводе в покрытые лесом земли. В списке рекомендуемой литературы приведены нормативные материалы, необходимые для выполнения практических и лабораторных работ. Учебник может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.01 «Организация и проведение мероприятий по воспроизводству лесов и лесоразведению (МДК.01.01.)» по специальности 250110 «Лесное и лесопарковое хозяйство».

СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БУРОЙ И СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЕ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Представлены результаты оценки гибридных популяций Казахстанского питомника челночной селекции. Выделен устойчивый исходный материал для селекции на устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине в условиях Западной Сибири. Показана селекционная ценность популяций, созданных по программе челночной селекции между научными учреждениями Казахстана, Западной Сибири и СИММИТ.

Ключевые слова: яровая пшеница, челночная селекция, селекционная оценка, устойчивость, бурая и стеблевая ржавчина, урожайность.

Введение. Проблема устойчивости к болезням в условиях Западной Сибири одна из наиболее актуальных. Начиная с 2000-х гг. эпифитотии бурой ржавчины отмечены в 2001, 2005, 2007 и 2008 гг. Значительному распространению бурой ржавчины способствуют обильные осадки и изменение расового состава популяции патогена [1].

При эпифитотийном развитии бурой ржавчины в отдельности и совместно с септориозом потери урожая яровой пшеницы могут достигать 15–25 %, а от стеблевой ржавчины — 40–50 % и более [2]. В последние 3–4 года в Западной Сибири на посевах пшеницы отмечается стеблевая ржавчина.

В 2009 г. поражение стебля и листьев пшеницы на производственных посевах в условиях Омской области варьировало от 10–15 до 100 %, что привело к потере не менее 25–30 % урожая. Угроза распространения новой расы стеблевой ржавчины Ug 99 вынуждает научное сообщество предпринимать ряд соответствующих мероприятий [3].

В 1998 г. была разработана программа челночной селекции, которая стала связующим звеном между научными учреждениями Казахстана, Западной Сибири и Международным центром по улучшению пшеницы и кукурузы (СИММИТ) [4, 5].

В Мексике ежегодно создается селекционный материал скрещиванием казахстанских и сибирских сортов яровой пшеницы с лучшими образцами СИММИТа. Созданный исходный материал оценивается на устойчивость к болезням в условиях Мексики до $F_4 - F_5$, затем отобранные популяции предоставляются селекционным учреждениям Сибири и Казахстана для проведения отборов по комплексу признаков.

Таким образом, программа челночной селекции позволяет объединить признаки адаптивности и

высокой урожайности местных сортов с устойчивой гермоплазмой из Мексики, Канады и США [6].

Объекты и методы. В качестве материала и использованы популяции и линии яровой мягкой пшеницы, полученные по программе челночной селекции. Оценки, учеты и наблюдения в Казахстанском питомнике челночной селекции (далее, сокращенно, КПЧС) проводятся в соответствии с методическими указаниями ВИР по изучению коллекции пшеницы (М, 1985) и рекомендациями СИММИТа. Площадь делянки — 1–2 м². Стандартные сорта — Памяти Азиева, Омская 29, Омская 35. Тип устойчивости к бурой ржавчине определяется по шкале Е. Б. Мэйнса и Г. С. Джексона (Е. В. Mains, Н. S. Jackson, 1926), устойчивость к мучнистой росе — по Е. Е. Саари и Дж. М. Прескотту (Е. Е. Saari and J. M. Prescott, 1988), стеблевой ржавчине по Стекману и Левину [7].

Экспериментальная часть. Ежегодно проводится оценка 200–400 линий и гибридных популяций яровой мягкой пшеницы в питомнике КПЧС. Исходный материал, созданный в СИММИТ, имеет большую ценность в решении проблемы устойчивости к листовым патогенам, о чем свидетельствует оценка КПЧС в условиях 2007–2010 гг. (табл. 1).

В КПЧС-6 устойчивыми к бурой ржавчине оказались 92 образца, к мучнистой росе — 36, в КПЧС-7 157 образцов были устойчивыми к бурой ржавчине и к мучнистой росе — 48. В КПЧС-8 (2009 г.) из изученных образцов иммунными к бурой ржавчине оказались 93 шт., к мучнистой росе — 37 шт. и в КазРус — 60 образцов показали устойчивость к мучнистой росе.

В 2010 г. в связи с неблагоприятными погодными условиями учет на поражаемость посевов возбудителем бурой и стеблевой ржавчиной не проводился.

Результаты изучения сортообразцов КПЧС (2007–2010 гг.)

Таблица 1

Показатели		Питомники			
		КПЧС-6	КПЧС-7	КПЧС-8	КазРус-10
Годы испытаний		2007	2008	2009	2010
Количество образцов		209	209	108	461
Количество образцов, устойчивых к:	мучнистой росе	36	48	37	60
	бурой ржавчине	92	157	93	–
	стеблевой ржавчине	–	–	92	–
Урожайность, г/м ² , min – max		80,2 – 478,3	51,8 – 538,3	103,2 – 481,4	215,1 – 550,0

Оценка лучших популяций КПЧС-9 в ОмГАУ и в Кении (2009 г.)

Таблица 2

Селекционный номер	Происхождение	Оценка устойчивости к стеблевой ржавчине		Урожайность в ОмГАУ, г/м ²
		к сибирской популяции (ОмГАУ)	к Ug 99 (Кения)	
КПЧС-9 (87)	Омская 29, стандарт SARATOVSKAYA29/4/KAUZ//PRL/VEE#6/3/BAV92/5/HY439/6/T.DICOCCONPI94625/AE.SQUARROSA(372)//3*PASTOR /7/LUTESCENS 210.99.10	4/25 0	15MS	308 357*
КПЧС-9 (227)	TERTSIYA/5/CROC_1/AE.SQUARROSA(224)//OPATA/3/BJY/COC//PRL/BOW/4/BJY/COC//PRL/BOW/6/ PARUS/PASTOR	0	25MS	352*
КПЧС-9 (229)	TESIYA/5/CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA/3/BJY/COC//PRL/BOW/4/BJY/COC//PRL/BOW/6/PARUS/PASTOR	0	30MS	288
КПЧС-9 (233)	LUTESCENS-13,KAZ/TUKURU//AC CADILLAC	0	0	234
КПЧС-9 (223)	TSIYA/TUKURU//WBLL1*2/TUKURU	0	15MR	262
КПЧС-9 (153)	LUTESCENS509/BERKUT//AC CADILLAC	0	10RMR	216
НСР ₀₅				21

Результаты отбора лучших линий в СП-1 по программе челночной селекции

Таблица 3

Год	Высеяно линий, шт.	Отобрано линий, шт.	Процент отбора
2009	311	113	36,3
2010	453	52	11,5

В КПЧС-8 (2009 г.) из изученного набора образцов 85 % были иммунными к стеблевой ржавчине, восприимчивыми — 9 % и расщепляющимися — 6 %.

Урожайность сортообразцов варьировала в КПЧС-6 от 80,2 до 478,3 г/м², в КПЧС-7 от 51,8 до 538,3 г/м², в КПЧС-8 от 103,2 до 481,4 г/м² и в КазРус от 215,1 до 550,0 г/м². В целом по урожайности большинство сортообразцов значительно уступают стандартам.

Результаты и их обсуждение. В питомнике челночной селекции (КПЧС-9) проведена оценка 367 популяций F5 и F6 из СИММИТ. Выделено 140 популяций, имеющих иммунитет к сибирской популяции стеблевой ржавчины, многие из них проявили и устойчивость к расе Ug 99 в условиях Кении. Эти популяции разосланы селекционным учреждениям Западной Сибири и Южного Урала для включения в 2010 г. в селекционный процесс. Характеристика некоторых популяций в сравнении с лучшим стандартом Омская 29 представлена в табл. 2. У представленных популяций в качестве материнских форм при создании популяций были взяты сорта Саратовская 29, Терция, Лютеценс 13, Лютеценс 504. Это сорта, которые проявили адаптивность и были выделены

по результатам экологического испытания в питомнике КАСИБ-4 в 2003 – 2004 гг.

Начиная с 2008 г. в гибридных популяциях проводятся индивидуальные отборы элитных колосьев для СП-1 (табл. 3). В 2009 г. в СП-1 было высеяно 311 линий яровой пшеницы, из которых на жестком инфекционном фоне было отобрано 113 линий (36,3 %), устойчивых к бурой и стеблевой ржавчинам, что свидетельствует об эффективности целенаправленного отбора на устойчивость к болезням. В 2010 г. из 453-х линий отобрано всего 52. Лучшие линии будут проходить дальнейшую проработку в селекционном питомнике второго года.

Таким образом, исследования показали, что на основе местных, адаптивных к условиям региона сортов, которые скрещены с источниками устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине из коллекции СИММИТа, возможно создание исходного материала для селекции пшеницы на устойчивость к бурой и стеблевой ржавчинам в условиях Западной Сибири.

Заключение. Оценка созданного исходного материала в условиях Мексики, Кении и Западной Сибири по программе челночной селекции позволяет

отбирать наиболее конкурентные гибридные популяции яровой мягкой пшеницы, устойчивые к широкому спектру рас стеблевой и бурой ржавчины.

Вовлечение новых генетических ресурсов устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине и тесное сотрудничество между СИММИТОМ и селекционными учреждениями Сибири и Казахстана позволят разрешить проблему устойчивости коммерческих сортов яровой пшеницы к листовым патогенам.

Библиографический список

1. Morgounov A. Genetic gains for grain yield in high latitude spring wheat grown in Western Siberia in 1900–2008 / A. Morgounov, V. Zykin, I. Belan, L. Roseeva, Yu. Zelenskiy, Hugo Ferrey Gomez-Becerra, N. Budak, F. Bekes // *Field Crop Research*. 2010. — 117:101-112.
2. Койшыбаев, М. Гермоплазма пшеницы с групповой устойчивостью к болезням с воздушно-капельной инфекцией / М. Койшыбаев, А. А. Болтыбаева, Г. И. Копирова // *Агромеридиан*. — 2008. — № 3 (9). — С. 34–42.
3. Селекция яровой мягкой пшеницы на устойчивость к местной популяции и к вирулентной расе стеблевой ржавчины в условиях Западной Сибири / В. П. Шаманин [и др.] // *Вестник ВОГиС*, 2010. — Т. 14, № 2. — С. 223–231.
4. Челочная селекция между Мексикой и Казахстаном: результаты, подробности перспективы / Р. Третован [и др.] // *Агромеридиан*, 2006. — № 2 (3). — С. 23–27.
5. Shamanin V.P. Spring wheat breeding in Western Siberia for resistance to leaf and stem rust / V.P. Shamanin, A. Morgounov // *12th International cereal rusts and powdery mildews conference*, Antalya, Turkey, October 13–16, 2009. — P. 82.

6. Morgounov A. Leaf rust of spring wheat in Northern Kazakhstan and Siberia: incidence, virulence and breeding for resistance / A. Morgounov, L. Roseeva, M. Koishibayev // *Australian Journal of Agricultural Research*, 2007. — 58, 847-853.

7. Плотникова, Л. Я. Иммуниет растений и селекция на устойчивость к болезням и вредителям / Л. Я. Плотникова. — М., 2007. — 359 с.

ШАМАНИН Владимир Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия), профессор кафедры селекции, генетики и физиологии растений.

ПОТОЦКАЯ Инна Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), доцент кафедры селекции, генетики и физиологии растений.

КУЗЬМИНА Светлана Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), доцент кафедры селекции, генетики и физиологии растений.

ТРУЩЕНКО Александр Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Россия), доцент кафедры селекции, генетики и физиологии растений.

ЧУРСИН Александр Сергеевич, научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы и озимого тритикале.

Адрес для переписки: 644008, г. Омск, Институтская площадь, 1.

Статья поступила в редакцию 05.05.2011 г.

© В. П. Шаманин, И. В. Потоцкая, С. П. Кузьмина, А. Ю. Трущенко, А. С. Чурсин

УДК 633.853 "321" : 631. 52 (571.1)

А. С. ГАРАГУЛЬ
А. А. ЛАНГЛЕЦ

Омский государственный
аграрный университет
им. П. А. Столыпина

УДОБРЕНИЕ, УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО РЫЖИКА ЯРОВОГО НА ОБЫКНОВЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ 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.

Условия Полтавского района Омской области вполне благоприятны в экологическом и экономическом отношении для возделывания малораспространенной масличной культуры — рыжика ярового. Поэтому одной из основных поставленных перед нами задач было определение урожайности и качества семян рыжика при внесении под него различных доз удобрений.

Урожайность представляет собой суммарное выражение большинства морфологических и физиологических признаков растения после взаимодействия их со средой, в которой произрастало растение. Важнейшим условием оптимального роста и развития растений является обеспечение его достаточным количеством всех питательных веществ в период вегетации, особенно в начале [1, 2].

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	—					

Предложенные в полевых опытах дозы и сочетания минеральных удобрений приемлемы для изучения варьирования урожайности культуры под действием и взаимодействием факторов азотного, фосфорного и калийного питания.

Рыжик в севообороте располагался третьей культурой после пара. При определении содержания элементов питания в черноземе обыкновенном среднемощном среднегумусовом тяжелосуглинистом (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, кальция — 68–81 %, магния — 17–32 %, рН — 6,7–7,0.

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. В связи с этим вполне можно было ожидать эффективность комплексного применения азотно-фосфорных удобрений.

Исследования показали, что урожайность рыжика без применения удобрений была низкой и в среднем за три года составила 0,66 т/га (табл. 1). В этом сказались, как низкий уровень минерального питания рыжика, так и метеорологические условия в годы исследований.

Из парных комбинаций удобрений низкий уровень урожая семян рыжик формировал при внесении азотно-калийных и фосфорно-калийных удобрений в дозах по 30 кг д.в./га (0,77–0,78 т/га).

Таким образом, пятерная Вагнеровская схема показала, что без использования азотно-фосфорных удобрений на почвах Полтавского района нельзя сформировать высокие урожаи не только зерновых культур, но и масличных. В среднем за три года исследований внесение под яровой рыжик даже малых доз азота и фосфора (N₃₀P₃₀) обеспечивало прибавку к контролю 0,31 т/га (или 47 %).

Применение азотных удобрений от 30 до 90 кг/га на фоне P₃₀K₃₀ способствовало формированию урожая рыжика от 0,98 до 1,26 т/га, т. е. прибавки урожая в среднем составили 48,5–90,5 % к контролю.

В связи с тем, что почвы данного полевого опыта, как и всего массива, имели очень низкое содержание доступного для рыжика азота и подвижного фос-

фора, то доза азота в 90 кг д.в./га на фоне P₃₀K₃₀ не обеспечивала значительную прибавку в сравнении с N₆₀, т.к. вполне ощущалось недостаточное питание фосфором. Его содержание в слое почвы 0–30 см составляло — 1,89 мг/100 г (2 %-ная CH₃COOH вытяжка) или 8,46 мг/100 г (метод Чирикова). И только одновременное внесение азота и фосфора в почву в дозах N₆₀P₆₀ способствовало увеличению урожайности маслосемян рыжика до 1,29 т/га с прибавкой к контролю в 95,4 %. Дальнейшее увеличение фосфора в этой комбинации до 90 кг д.в./га не обеспечивало существенного увеличения его урожайности.

Таким образом, опыты с удобрениями показали, что за счёт применения оптимальных доз в правильном их сочетании — N₆₀P₆₀ можно удвоить урожайность ценной масличной культуры на почвах Полтавского района.

Исследования показали, что условия минерального питания в течение вегетации определяют не только величину, но и качество урожая. Так, из парных сочетаний азотно-фосфорно-калийных удобрений большему биосинтезу жира в семенах рыжика способствовала комбинация N₃₀P₃₀ — 38,3 %, что выше варианта без удобрений на 1,6 %. При внесении фосфорно-калийных удобрений (P₃₀K₃₀) процент жира в семенах увеличился на 1,3 %, в то время как азотно-калийная комбинация стимулировала образование жира лишь незначительно, прибавка к контролю 0,4 %.

Применение азотно-фосфорных удобрений в сочетании 1:2 (N₃₀P₆₀), 2:2 (N₆₀P₆₀) и 2:3 (N₆₀P₉₀) не способствовало биосинтезу жира в семенах рыжика сорта Исильскулец.

Особый интерес представляет выход жира с единицы площади посева при использовании минеральных удобрений.

Исследования показали, что на не удобренном фоне сбор жира с посевов рыжика составил 242,2 кг/га, в то время как на лучших вариантах с удобрениями выход жира был равен 511,6 кг/га.

Таким образом, для получения 511,6 кг жира необходимо посеять рыжика ярового на неудобренном фоне 2,11 га, а при внесении в почву оптимальной дозы минеральных удобрений (N₉₀P₃₀K₃₀) достаточно одного гектара.

Исследования показали, что внесение азотных удобрений в сочетании с фосфорно-калийными на

почвах с низким уровнем содержания доступного для растений азота и фосфора (варианты $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{30}K_{30}$, $N_{90}P_{90}K_{30}$) благоприятно сказывалось на содержание жира в рыжике.

Так, если в семенах рыжика выращенного на участке без применения удобрений содержание жира было 36,7 %, то при внесении азота от 30 до 90 кг/га содержание его увеличилось на 0,7–3,9 %. На основе полученных высоких коэффициентов корреляции ($r=0,98$) было получено уравнение зависимости между применяемыми дозами азотных удобрений и процентным содержанием жира:

$$y = 0,068x + 36,7. \quad (1)$$

Из уравнения видно, что каждый килограмм внесённого азота на фоне $P_{30}K_{30}$ увеличивает процент жира в семенах рыжика на 0,068 %.

Опыты показали, что если 1 кг д.в. азотных удобрений увеличивает в почве нитратного азота на 0,024 мг/100 г и в то же время жира в семенах на 0,068 %, то при увеличении содержания нитратного азота на 1 мг/100 г почвы (в пределах оптимального уровня) будет способствовать увеличению биосинтеза жира в семенах на 2,83 %.

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

$$\%Ж = \frac{\mathcal{E}_{\text{опт}} - \mathcal{E}_{\text{факт}}}{0,024} \times 0,068 + C, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{опт}}$ и $\mathcal{E}_{\text{факт}}$ — содержание $N-NO_3$ в почве оптимальное и фактическое, мг/100 г; 0,024 и 0,068 — коэффициенты 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 на контроле, %.

Пример расчёта: при возделывании рыжика в опыте до посева содержание $N-NO_3$ в слое почвы 30 см было 0,17 мг/100 г.

При внесении в почву перед посевом $N_{90}P_{30}K_{30}$ содержание $N-NO_3$ в почве составило 2,3 мг/100 г,

соответственно, процент жира в семенах увеличился с 35,6 до 42,0 %. По формуле (2) сделаем прогнозирование содержания жира при внесении азотных удобрений:

$$\%Ж = \frac{2,3 - 0,17}{0,024} \times 0,068 + 35,6 = 41,6\%.$$

Фактически при внесении N_{90} (на фоне $P_{30}K_{30}$) содержание $N-NO_3$ в почве повысилось до 2,3 мг/100 г, а содержание жира в семенах достигло 42 %. Ошибка прогноза составила 0,4, или около 0,9 %.

Таким образом, наблюдается взаимосвязь в системе «почва — удобрение — урожай — качество» при возделывании ярового рыжика. Располагая нормативными количественными характеристиками при мониторинге 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 с качеством и количеством вносимых в почву удобрений.

Библиографический список

1. Ермохин, Ю. И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур : монография / Ю. И. Ермохин. — Омск : Изд-во ОмГАУ, 1995. — 208 с.
2. Анализ почв, растений и проблема применения удобрений в Западной Сибири : монография / Под ред. Ю. И. Ермохина, И. А. Бобренко. — Омск : ОмГАУ, 2002. — 407 с.

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

ЛАНГЛЕЦ Александр Александрович, соискатель по кафедре агрохимии.

Адрес для переписки: e-mail: garagulaleksandr@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.02.2011 г.

© А. С. Гарагуль, А. А. Ланглец

Книжная полка

Смирнов, А. П. Лесоведение : учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / А. П. Смирнов. — М. : Academia, 2011. — 160 с. — ISBN 978-5-7695-7150-3.

В учебном пособии основное внимание уделено материалам, отражающим последние достижения науки в изучении взаимоотношения леса с абиотическими факторами, а также в исследовании естественного возобновления леса. Цель подготовки учебного пособия — формирование современного эколого-лесоводственного мировоззрения будущих специалистов одной из важнейших отраслей экономики России. Учебное пособие может быть использовано при изучении общепрофессиональной дисциплины ОП.04. «Дендрология и лесоведение» в соответствии с ФГОС СПО для специальности 250110 «Лесное и лесопарковое хозяйство». Для студентов учреждений среднего профессионального образования. Может быть полезно специалистам лесного хозяйства, желающим ознакомиться с новейшими достижениями науки в области знаний о природе леса.

ДИНАМИКА ВЛАГОЗАПАСОВ И ДЕФИЦИТОВ УВЛАЖНЕНИЯ АКТИВНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

В условиях южной лесостепи Омского Прииртышья, зоны орошаемого земледелия, важнейшим вопросом интенсификации технологического процесса выращивания культур при орошении является оптимизация водного режима в расчетном слое почвы, мощность которого, по мнению исследователей, зависит от глубины проникновения и мощности корневой системы культур. В последние годы многие авторы рекомендуют при поливе дождеванием принимать глубину увлажнения, равную мощности биологически активного слоя, мощность которого зависит не только от агробиологических особенностей выращивания культур, но и от водного режима почвы. Данная работа посвящена уточнению расчетного слоя увлажнения с учетом естественных влагозапасов в почве.

Ключевые слова: влагозапасы, корневая система, дефицит увлажнения.

Объектом исследований является южная лесостепь Омского Прииртышья. Поверхность территории представляет собой пологоволнистую равнину с незначительным уклоном с юга на север. Плоскоравнинный характер поверхности обуславливает зональное распределение ландшафтов в виде широтных географических зон: северную (южная тайга) площадью 51,7 тыс. км² (36,6% территории), лесостепную — 62,8 тыс. км² (44,4%) и степную — 26,6 тыс. км² (19%). В структурном отношении земли сельскохозяйственного назначения занимают площадь 8989,0 тыс. га, что составляет 64 % от площади общего земельного фонда.

В целом климат территории типично континентальный, формирующийся под влиянием свойств Азиатского материка, что обуславливает неустойчивость погоды, а также резкую смену температур. Открытость территории со всех сторон обуславливает беспрепятственное проникновение холодных масс воздуха с севера и, наоборот, сухих из Казахстана и Средней Азии (В. К. Иванов 1970 и др.).

Продолжительность вегетационного периода около 162 дней. Сумма среднесуточных температур воздуха выше 10° составляет 1950°. За период май — август выпадает в среднем 223 мм осадков. Испаряемость (максимально возможное испарение) была определена по районированному методу гидролого-климатических расчетов профессора В. С. Мезенцева [1, с. 16].

Величина максимально возможного испарения находится в интервале 14 — 65 мм (рис. 1).

Анализ декадных значений коэффициента K_y за многолетний период по метеостанции Омск свидетельствует о его значительной изменчивости — с циклами увеличения в апреле — мае и сентябре — октябре и спада в июне — июле. Изменение величины коэффициента увлажнения наблюдается в интервале

0,14 — 0,64 [2, с. 26], что свидетельствует о том, что исследуемая территория находится в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения.

Изменение величины дефицита увлажнения варьируется в пределах 6,01 — 29,6, что свидетельствует о том, что растения на исследуемой территории в период вегетации испытывают недостаток во влаге [3, с. 236] (рис. 2).

После схода снежного покрова в первой — начале второй декады апреля в почве накапливается достаточное количество влаги. Однако к моменту посева за счет испарения она составляет в среднем 64 миллиметра, а осадков за этот период выпадает лишь 25 миллиметров. Поэтому условия для произрастания многолетних трав и зерновых не всегда удовлетворительны из-за недостатка влаги.

В зоне орошения с учетом органических ресурсов тепла и состояния мелиоративной обстановки важнейшим вопросом интенсификации технологического процесса выращивания культур в условиях регулируемого земледелия является оптимизация режима влажности почвы, которая зависит от глубины распространения корневой системы культур, в исследуемом варианте: это многолетние травы — люцерна и зерновые — пшеница; в различные фазы роста, что позволит правильно планировать нормы полива и глубину промачивания с учетом естественных запасов влаги в почве.

И. А. Минкевич полагает, что пшенице требуется влаги примерно 50 % от веса сухих семян. Наибольшую потребность во влаге пшеница использует в фазе выхода в трубку и колошения (критический период). Г. С. Пасыпанов считает, что при весенних запасах продуктивной влаги в слое 0 — 100 см менее 100 мм создаются неблагоприятные условия, а при наличии менее 60 мм невозможно получить даже удовлетворительный урожай зерна. Мнение В. Н. Сте-

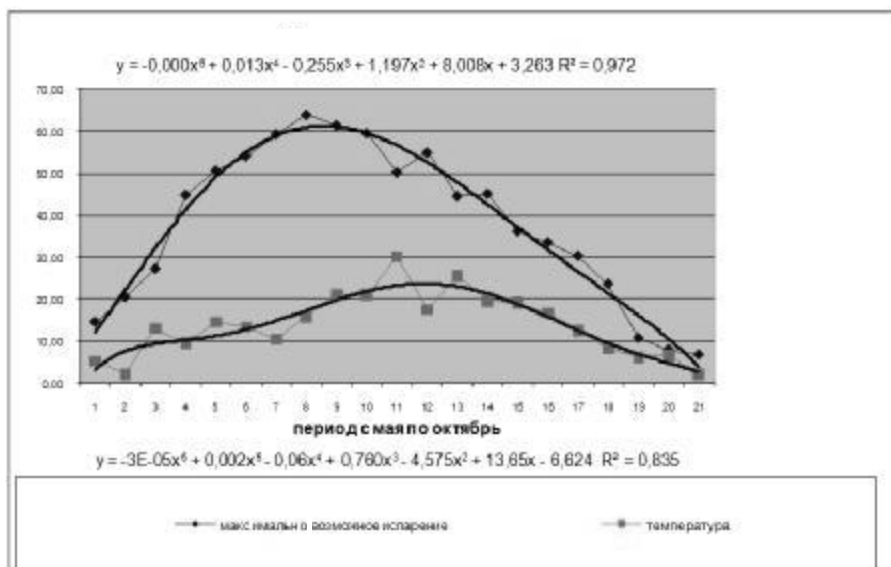


Рис. 1. Климатические параметры

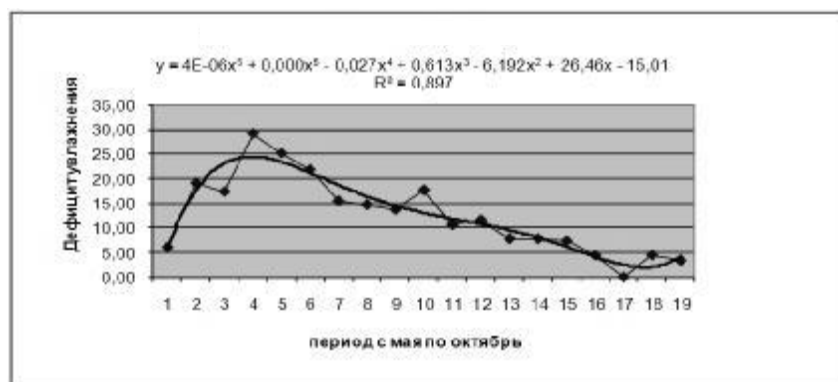


Рис. 2. Динамика изменения дефицита увлажнения

панова частично совпадает с мнениями уже перечисленных авторов. Наибольшую продуктивность пшеница проявляет при влажности почвы 70–75 % полевой влагемкости в зоне распространения основной массы корней (до 60 см).

Люцерна требует оптимальной влагообеспеченности, однако растение засухоустойчиво, так как имеет мощную, уходящую на большую глубину корневую систему. При достаточном увлажнении пахотного слоя почвы около 80 % корневой системы размещается в этом слое. А. С. Кружилин полагает, что корневая система многолетних, таких как люцерна, имеет мощный стержневой корень, проникающий на глубину нескольких метров, хотя при этом наибольшее количество боковых корней располагается в метровом слое.

А. С. Кружилин писал, что у всех культур отдельные корни проникают глубже расчетного слоя увлажнения, однако из нижних горизонтов растения потребляют воды мало и лишь частично обеспечивают растения. Г. С. Пасыпанов писал, что по мере роста и развития растений корни удлиняются и проникают в почву на глубину 100...120 см и более, разветвляются и пронизывают почвы во всех направлениях, однако основная масса их (75...90 %) размещается в пахотном слое почвы на глубине 20...25 см, где более активно протекают аэробные процессы. Также существует мнение об использовании запасов воды из метрового слоя почвы [4, с. 23; 5, с. 4 с. 37], но вопрос в том, насколько это целесообразно и экономически

выгодно. Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что все авторы так и не смогли определить оптимальное количество воды для той или иной культуры и глубину расчетного слоя увлажнения. Поэтому первоочередные задачи определились следующие.

1. Уточнение величины расчетного слоя увлажнения.

2. Оценка аккумулирующей емкости почвогрунтов на предмет рационального использования выпадающих осадков и оросительной воды без производственных потерь на фильтрацию в грунтовые воды.

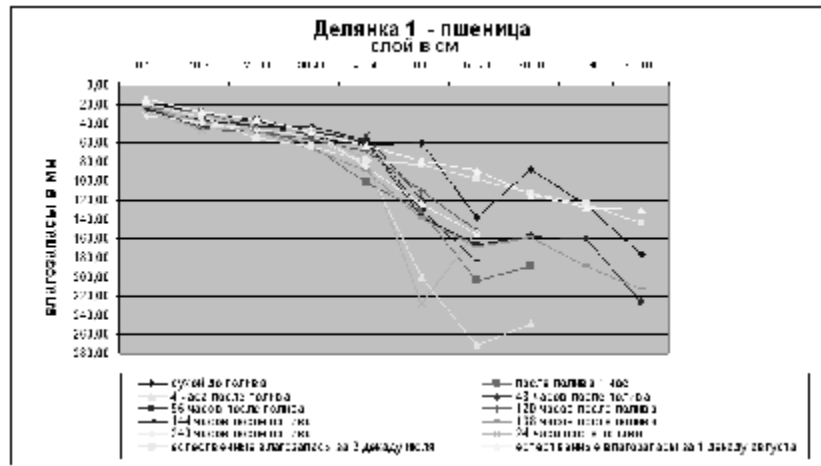
3. Определение дефицитов увлажнения и оптимизация режимов орошения культур с учетом естественных влагозапасов в расчетном слое почвы.

Направленность полевых опытов заключалась в изучении требований многолетних трав и пшеницы к влажности почвы и установлении режима орошения культур по критическим фазам вегетации и в течение периода вегетации, а именно:

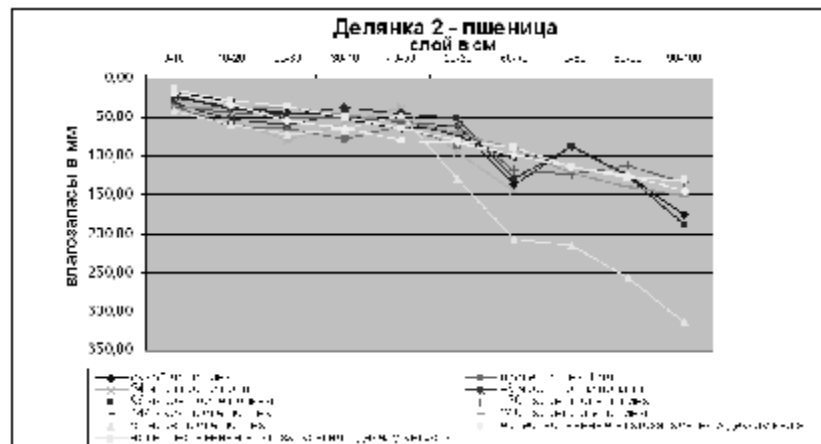
— к уточнению величины расчетного слоя увлажнения с учетом естественных влагозапасов в нем;

— к оценке аккумулирующей емкости почвогрунтов на предмет рационального использования выпадающих осадков и оросительной воды без производственных потерь на фильтрацию в грунтовые воды.

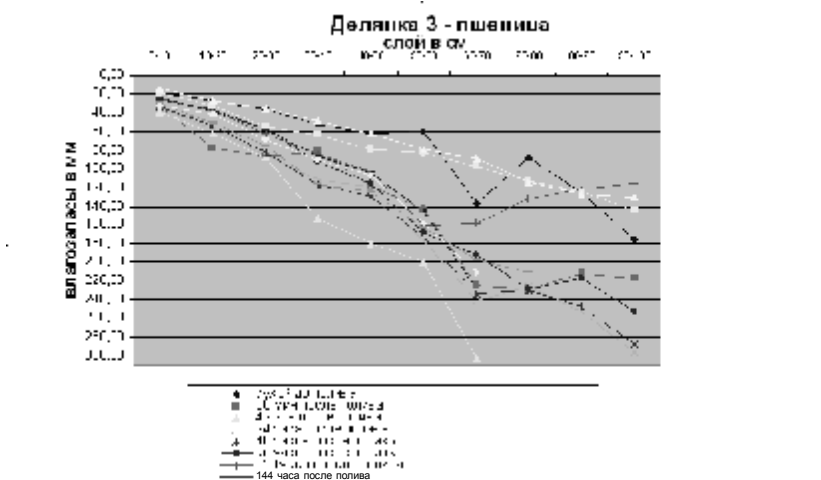
При планировании и проведении полевого опыта было заложено пять делянок площадью 25 м на производственном поле на люцерне второго года в СПК «Пушкинский» Омского района Омской области.



Делянка 1



Делянка 2



Делянка 3

Рис. 3. Распределение влагозапасов по почвенному горизонту для пшеницы (три делянки)

Делянки располагались через каждые восемнадцать метров. Три делянки на экспериментальных полях Омского государственного аграрного университета Омского района Омской области на пшенице. Для полива опытных делянок с люцерной использовалась дождевальная машина ДКШ-64 «Волжанка». Определена продолжительность стояния одного крыла на каждой позиции и составила для позиции 1 — 1 час 30 минут ($200 \text{ м}^3/\text{га}$), 2 — 2 часа ($300 \text{ м}^3/\text{га}$), 3 — 2 часа 30 минут ($350 \text{ м}^3/\text{га}$), 4 — 3 часа ($400 \text{ м}^3/\text{га}$) и 5 — 4 часа 30 минут ($600 \text{ м}^3/\text{га}$) (рис. 3). Опытные

площадки под пшеницей равномерно заливались водой (без бокового стекания) следующими поливными нормами: 1-я делянка — $300 \text{ м}^3/\text{га}$, 2-я делянка — $600 \text{ м}^3/\text{га}$, 3-я делянка — $900 \text{ м}^3/\text{га}$ (рис. 4). Такие оросительные нормы позволяли одновременно смоделировать количество выпадающих атмосферных осадков и оросительные нормы.

Почвенные пробы на определение запасов влаги отбирались послойно через каждые 10 см. Послойное взятие образцов проводилось почвенным буром в четырехкратной повторности. Первый отбор об-

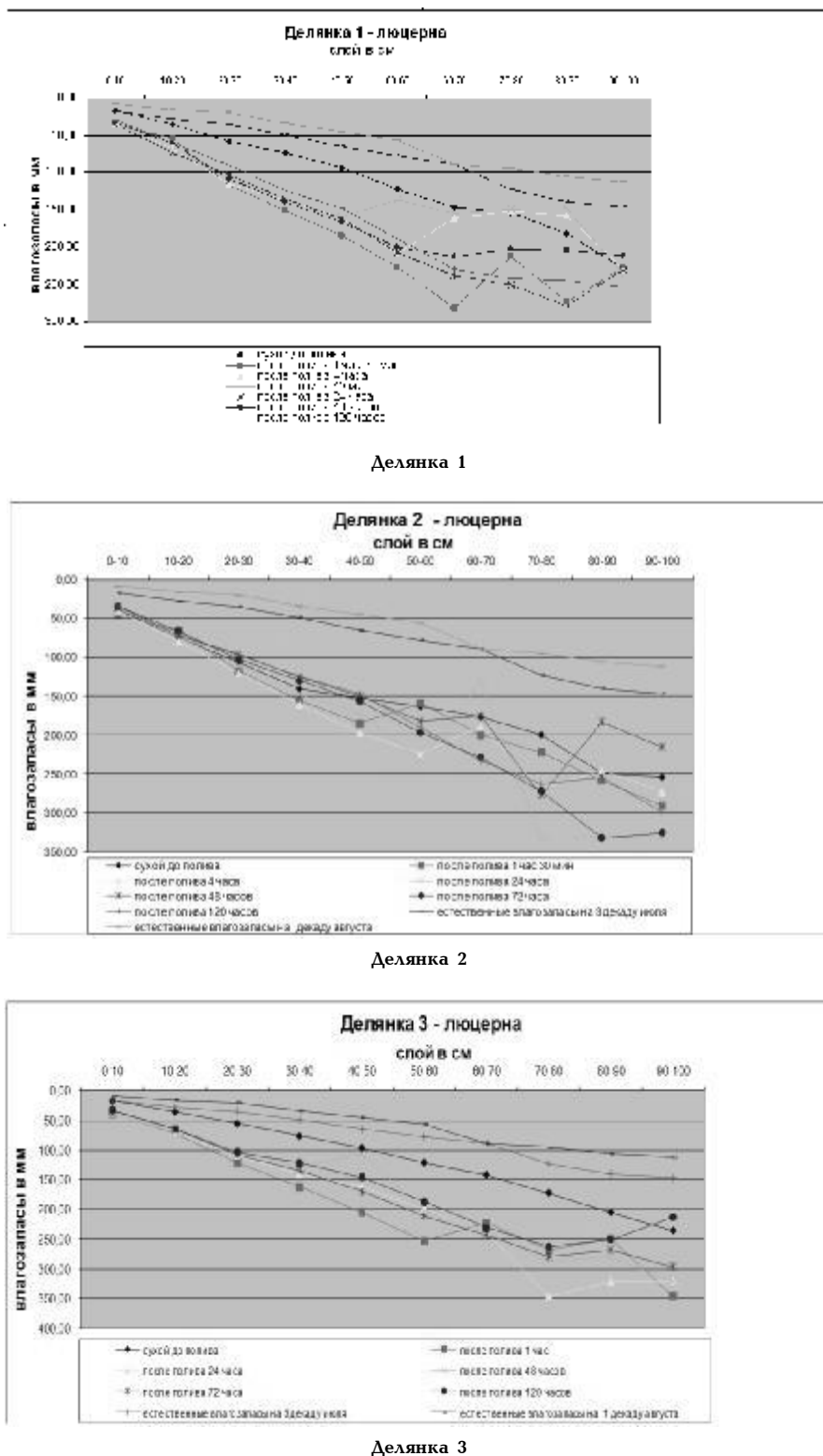


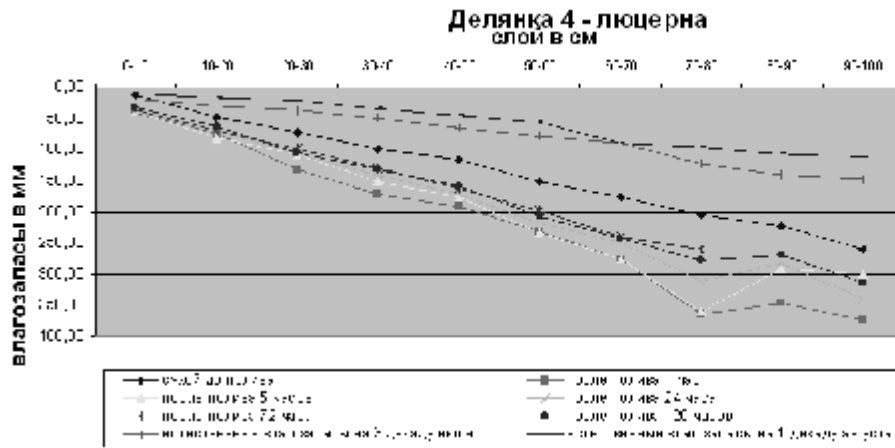
Рис. 4. Распределение влагозапасов по почвенному горизонту для люцерны (пять делянок)

разцов осуществлялся до полива (сухой образец), затем через час после полива, четыре часа после полива и через каждые 24 часа после полива на протяжении периода проведения опыта.

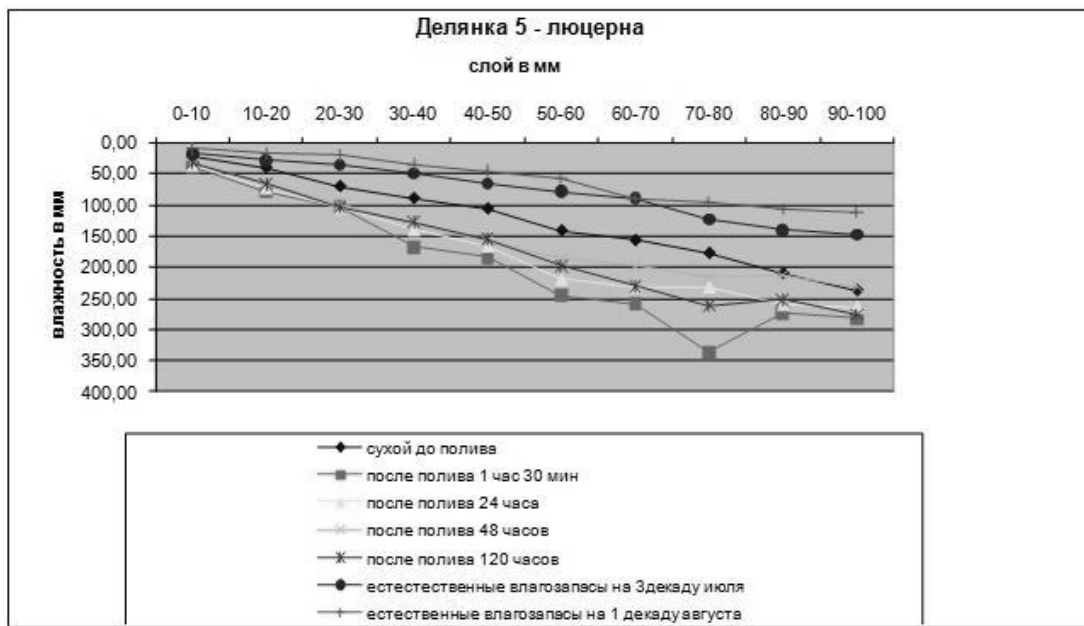
Обработка результатов полевого эксперимента осуществлялась по общепринятым методикам [6, с. 20].

На первой делянке (поливная норма составила $300 \text{ м}^3/\text{га}$) были определены естественные запасы влаги (сухой образец) по всем слоям: слой 0–10 — 18,78 мм; 10–20 — 27,31 мм; 20–30 — 35,93 мм; 30–40 — 53,28 мм; 40–50 — 63,11 мм; 50–60 — 60,62 мм;

60–70 — 136,95 мм; 70–80 — 87,8 мм; 80–90 — 125,05 мм; 90–100 — 176,31 мм. После полива мы наблюдаем следующую динамику изменения влагозапасов в почве: в слое 10–20 происходит стабильное увеличение запасов влаги, причем временной интервал, прошедший после полива, не влияет на развитие ситуации: 1 час после полива — влагозапасы составляют 27, 29 мм; 4 часа после полива — 42,47 мм; 24 часа после полива — 45,49 мм; 48 часов после полива — 36,18 мм; 96 часов после полива — 44,06 мм; 120 часов после полива — 44,46 мм; 144 часа после



Делянка 4



Делянка 5

Рис. 4. Распределение влагозапасов по почвенному горизонту для люцерны (пять делянок)

полива — 36,52 мм; 240 часов после полива — 38,52 мм. В слое 20–30 влагозапасы продолжают увеличиваться: 1 час после полива — влагозапасы составляют 45,45 мм; 4 часа после полива — 46,27 мм; 24 часа после полива — 43,83 мм; 48 часов после полива — 43,09 мм; 96 часов после полива — 34,94 мм; 120 часов после полива — 48,48 мм, 144 часа после полива — 42,3 мм; 240 часов после полива — 45,97 мм. В слое 30–40, 40–50 ситуация не меняется, т.е. запасы влаги продолжают стабильно накапливаться в почве. В слое 50–60 происходит резкое увеличение влагозапасов в почве: 1 час после полива — влагозапасы составляют 130,7 мм; 4 часа после полива — 199,58 мм; 24 часа после полива — 227,53 мм; 48 часов после полива — 118,53 мм; 96 часов после полива — 137,6 мм; 120 часов после полива — 110,39 мм; 144 часа после полива — 129,79 мм; 240 часов после полива — 123,88 мм. В слое 60–70 происходит стабилизация: 1 час после полива — влагозапасы составляют 203,17 мм; 4 часа после полива — 271,1 мм; 24 часа после полива — 45,49 мм; 96 часов после полива — 166,54 мм; 120 часов после полива — 151,55 мм; 144 часа после полива — 184 мм; 240 часов после полива — 155,19 мм. В слоях глубже 70 см наступает уменьшение влагозапасов: 1 час после полива — влагозапасы составляют 188,57 мм;

4 часа после полива — 248,82 мм; 96 часов после полива — 157,78 мм; 120 часов после полива — 137,56 мм; 144 часа после полива — 165,6 мм; 240 часов после полива — 150,17 мм.

На второй делянке (поливная норма составила 600 м³/га), несмотря на увеличение поливной нормы, ситуация кардинально не изменилась, и мы наблюдаем тот же процесс, что и на первой делянке, а именно: в слое 10–20 происходит увеличение влагозапасов, 1 час после полива — влагозапасы составляют 60,82 мм; 4 часа после полива — 58,82 мм; 24 часа после полива — 79,51 мм; 48 часов после полива — 59,51 мм; 96 часов после полива — 47,27 мм; 120 часов после полива — 43,25 мм; 144 часа после полива — 37,71 мм; 240 часов после полива — 38,4 мм. В слоях 20–30, 30–40, 40–50 происходит равномерное накопление влаги в почве в слое 50–60 происходит небольшое увеличение влагозапасов: 1 час после полива — влагозапасы составляют 86,16 мм; 4 часа после полива — 129,63 мм; 24 часа после полива — 94,78 мм; 96 часов после полива — 52,11 мм; 120 часов после полива — 60,17 мм; 144 часа после полива — 73,16 мм; 240 часов после полива — 70,5 мм. В слое 60–70 происходит стабилизация: 4 часа после полива — влагозапасы составляют 207,66 мм; 24 часа

после полива — 145,33 мм; 96 часов после полива — 129,48 мм; 120 часов после полива — 118,13 мм; 144 часа после полива — 104,53 мм; 240 часов после полива — 89,7 мм. В слоях глубже 70 см наступает уменьшение влагозапасов: 1 час после полива — влагозапасы составляют 86,13 мм; 4 часа после полива — 204,17 мм; 96 часов после полива — 86,36 мм; 120 часов после полива — 123,65 мм.

На третьей делянке поливная норма была увеличена до 900 м³/га, но ситуация радикальным образом не изменилась. Стабильное увеличение запасов влаги происходит до слоя 60 см, затем в слое 60–70 происходит стабилизация: 4 часа после полива — влагозапасы составляют 301,91 мм; 24 часа после полива — 241,4 мм; 96 часов после полива — 191,82 мм; 120 часов после полива — 157,76 мм; 144 часа после полива — 228,23 мм; 240 часов после полива — 210,45 мм, а после 70 см значения влагозапасов начинают уменьшаться.

Можно сделать вывод, что значительное накопление влаги в почве происходит в слое 60–70, это подтверждается полученными значениями влагозапасов при естественном (сухой образец) и увлажнении почвы при орошении. Поэтому мы считаем более рационально и экономически выгодно увлажнять почву для культуры пшеница до слоя 60–70. Именно в этом слое аккумулируется поступающая вода.

На первой делянке (поливная норма составила 200 м³/га) была определена влажность сухого образца по всем слоям: слой 0–10 — 17,48 мм; 10–20 — 35,55 мм; 20–30 — 58 мм; 30–40 — 73,44 мм; 40–50 — 92,42 мм; 50–60 — 123,21 мм; 60–70 — 145,87 мм; 70–80 — 153,68 мм; 80–90 — 182,35 мм; 90–100 — 227,66 мм. После полива мы наблюдаем следующую динамику изменения влагозапасов в почве: в слое 10–20 происходит стабильное увеличение запасов влаги, 1 час 30 минут после полива — влагозапасы составляют 54,07 мм; 4 часа после полива — 67,6 мм; 24 часа после полива — 73,02 мм; 48 часов после полива — 61,17 мм; 120 часов после полива — 59,41 мм; В слое 20–30 влагозапасы продолжают увеличиваться: 1 час 30 минут после полива — влагозапасы составляют 117,48 мм; 4 часа после полива — 115,18 мм; 24 часа после полива — 103,29 мм; 48 часов после полива — 107,79 мм; 120 часов после полива — 89,72 мм; в слое 30–40, 40–50 ситуация не меняется, т.е. запасы влаги продолжают стабильно накапливаться в почве. Для слоя 60–70 запасы влаги в почве стабилизируются: 1 час 30 минут после полива — 281,17 мм; 4 часа после полива — 161,1 мм; 24 часа после полива — 238,49 мм; 48 часов после полива — 213,27 мм; 120 часов после полива — 229,81 мм; В слоях глубже 70 см наступает планомерное уменьшение влагозапасов: 1 час 30 минут после полива — влагозапасы составляют 212,64 мм; 4 часа после полива — 152,8 мм; 24 часа после полива — 250,68 мм; 48 часов после полива — 202,68 мм; 120 часов после полива — 242,28 мм.

На второй делянке увеличиваем поливную норму до 300 м³/га и наблюдаем некоторые изменения в динамике влагозапасов. Со слоя 0–10 происходит планомерное и стабильное накопление влаги в почве; в слоях 10–20, 30–40, 40–50, 50–60 ситуация не меняется, т.е. запасы влаги продолжают стабильно накапливаться в почве. Для слоя 70–80 запасы влаги в почве стабилизируются: 1 час 30 минут после полива — 222,24 мм; 4 часа после полива — 270,24 мм; 24 часа после полива — 332,48 мм; 48 часов после полива — 277,8 мм; 120 часов после полива — 263,16 мм; в слоях глубже 70 см наступает планомерное уменьшение влагозапасов: 4 часа после по-

лива — 245,69 мм; 24 часа после полива — 330,78 мм; 48 часов после полива — 183,18 мм; 120 часов после полива — 254,53 мм.

На третьей делянке увеличиваем поливную норму до 350 м³/га и наблюдаем ситуацию, как и на второй делянке. Со слоя 0–10 происходит планомерное и стабильное накопление влаги в почве, в слоях 10–20, 30–40, 40–50, 50–60 ситуация не меняется, т.е. запасы влаги продолжают стабильно накапливаться в почве. Для слоя 70–80 запасы влаги в почве стабилизируются: 1 час 30 минут после полива — 268,95 мм; 24 часа после полива — 345,84 мм; 48 часов после полива — 280,58 мм; 120 часов после полива — 262,8 мм; в слоях глубже 80 см наступает планомерное уменьшение влагозапасов: 1 час 30 минут после полива — 249,11 мм; 24 часа после полива — 321,21 мм; 48 часов после полива — 280,58 мм; 120 часов после полива — 250,28 мм.

На четвертой делянке увеличиваем поливную норму до 400 м³/га и наблюдаем ситуацию, как на второй и третьей делянках. Со слоя 0–10 происходит планомерное и стабильное накопление влаги в почве, в слоях 10–20, 30–40, 40–50, 50–60 ситуация не меняется, т.е. запасы влаги продолжают стабильно накапливаться в почве. Для слоя 70–80 запасы влаги в почве стабилизируются: 1 час 30 минут после полива — 364,8 мм; 4 часа после полива — 360,74 мм; 24 часа после полива — 312,04 мм; 120 часов после полива — 278,16 мм; в слоях глубже 80 см наступает планомерное уменьшение влагозапасов: 1 час 30 минут после полива — 347,47 мм; 4 часа после полива — 290,04 мм; 24 часа после полива — 282,48 мм; 120 часов после полива — 268,09 мм.

На пятой делянке увеличиваем поливную норму до 600 м³/га и наблюдаем ситуацию, как на предыдущих делянках (второй третьей и четвертой). Со слоя 0–10 происходит планомерное и стабильное накопление влаги в почве, в слоях 10–20, 30–40, 40–50, 50–60 ситуация не меняется, т.е. запасы влаги продолжают стабильно накапливаться в почве. Для слоя 70–80 запасы влаги в почве стабилизируются: 1 час 30 минут после полива — 336,48 мм; 24 часа после полива — 261,96 мм; 48 часов после полива — 215,16 мм; 120 часов после полива — 260,76 мм; в слоях глубже 80 см наступает планомерное уменьшение влагозапасов: 1 час 30 минут после полива — 273,74 мм; 24 часа после полива — 259,78 мм; 48 часов после полива — 212,45 мм; 120 часов после полива — 252,26 мм.

Мы наблюдаем следующую закономерность распределения влагозапасов в течение экспериментального периода для культуры люцерна: до слоя 70 см происходит значительное увеличение влаги в почве, затем в интервале 70–80 см происходит стабилизация, после 80 см значения влагозапасов начинают уменьшаться. Можно сделать вывод о целесообразности промачивания почвы до глубины 70–80 см, в связи с тем, что поступающая вода аккумулируется в этом слое.

На основании анализа полевого опыта делаем следующие выводы.

1. Выпадающие атмосферные осадки и оросительная вода активно влияют на изменение влагозапасов в почве под пшеницей в слое 0 до 60 см и под люцерной от 0 до 70 см.

2. В слое 60–70 см под пшеницей и в слое 70–80 см под люцерной происходит стабилизация и приближение к естественным влагозапасам.

3. В слоях глубже 70 см под пшеницей и слоях глубже 80 см под люцерной наступает уменьшение

влагозапасов, поэтому глубина расчетного слоя при оптимизации режимов орошения находится в слое 60 см для пшеницы и 70 см для люцерны.

Проведенные исследования показали, целесообразность увлажнения почвы не на максимальную глубину проникновения корневой системы в почву, а только лишь на глубину 60–70 см — для пшеницы и 70–80 см — для люцерны.

Выпадающие атмосферные осадки, влияющие на изменение влагозапасов почвы, также аккумулируются в слое 0–70 см и 0–80 см.

Полученные значения можно рекомендовать как оптимальную глубину расчетного слоя увлажнения для пшеницы, люцерны и других аналогичных биологических групп растений при определении дефицитов увлажнения, оптимальных размеров поливных норм с учетом естественных влагозапасов для этих слоев с целью получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Омской области. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1971. — 106 с.
2. Семерханова, Е. Я. Природная тепло-влагообеспеченность — основа рационализации водопользования на агроландшафтах / Е. Я. Семерханова // Геосистемы: факторы развития, рациональное использование, методы управления : сб. науч. тр. / Туапсе, 2008. — С. 199–203.

3. Semerkhanova, E. Ya. Rational water use on agroameliorative landscapes of west siberian economic region — Omsk priirtyshie case study / E. Ya. Semerkhanova // XIV Medzinarodnu Vedecku Konferenciu Enviro Nitra : сб. науч. тр. / Нитра, 2009. — С. 284–287.

4. Гулюк, Г. Г. Оценка природных условий — основа внедрения информационных технологий управления мелиорациями / Г. Г. Гулюк, С. М. Тулиглов, М. В. Глистин // Мелиорация и водное хозяйство. — 2006. — № 3. — С. 2–27.

5. Сенчуков, Г. А. Районирование территории Северного Кавказа по степени природной тепло-влагообеспеченности / Г. А. Сенчуков, И. Н. Ильинская // Мелиорация и водное хозяйство. — 2006. — № 6. — С. 35–38.

6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М. : Изд-во Агропромиздат, 1979. — 309 с.

СЕМЕРХАНОВА Екатерина Яковлевна, аспирантка, старший преподаватель кафедры гидротехнических мелиораций.

Адрес для переписки: e-mail: ksemer@yandex.ru
ШМАКОВ Виктор Иванович, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры гидротехнических мелиораций.

Адрес для переписки: e-mail: victorshmakov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 09.03.2011 г.

© Е. Я. Семерханова, В. И. Шмаков

УДК 631.316.022.4

А. Н. ОРЛОВ

Омский государственный
аграрный университет
им. П. А. Столыпина

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА СЛОЙ ПОЧВЫ НА ЛАПЕ ПРИ ДВИЖЕНИИ КУЛЬТИВАТОРА

При движении культиватора перемещение пласта от входного сечения гребнеобразователя к выходному сечению происходит по функции $z=f(x)$. При этом происходит изменение положения пласта почвы по осям x и z и изменяется скорость движения V . Для определения силы, необходимой для перемещения слоя почвы в конкретном гребнеобразователе, необходимо угол α выразить через длину гребнеобразователя.

Ключевые слова: культиватор, гребнеобразователь, пласт почвы, скорость движения, движение, функция.

Исследование сил, действующих на слой почвы на лапе культиватора, необходимая часть для определения рациональной скорости движения агрегата и сил, необходимых для перемещения слоя почвы при обработке посевов кукурузы. Целью подбора рациональной скорости движения является соблюдение агротехнических требований при обработке почвы и равномерность засыпания сорных растений в рядке [1].

Рассмотрим силовое взаимодействие пласта почвы единичной длины в направлении оси U на поверхности гребнеобразователя в функции $z=f(x)$.

Схема выделенного участка представлена на рис. 1.

На схеме (рис. 1) выделен элементарный участок пласта, который перемещается по траектории, соответствующей функции $z=f(x)$. При этом сделано предположение, что слой почвы движется без сгущения, т.е. угол трения $\alpha < \varphi$ угла подъема почвы и, таким образом, высота слоя на поверхности постоянна, т.е. $h_c = \text{const}$. Приведенные выше условия позволяют рассматривать пространственную задачу о движении пласта почвы в виде функции $z=f(x)$. Начало сгущивания почвы на рабочей поверхности

зависит от толщины слоя, коэффициента внешнего трения, начального угла поступления почвы на гребнеобразователь α , а также изменения угла профиля по длине гребнеобразователя φ [2].

Для описания перемещения выделенной элементарной массы выбираем систему координат XOZ . Начало координат помещаем в точку, совпадающую с входным сечением гребнеобразователя. Массу выделенного элементарного участка определяем по формуле:

$$dm = p \cdot b \cdot h_c \cdot ds. \quad (1)$$

где p — плотность слоя почвы, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 b — ширина гребнеобразователя, м;
 h_c — высота слоя почвы на поверхности гребнеобразователя, м;
 ds — длина выделенного элементарного участка слоя, м.

Длина выделенного участка ds зависит от вида профиля гребнеобразователя, т.е. от функции $z=f(x)$ — траектории движения почвенного слоя и, согласно [3], определяется по формуле:

$$ds = \sqrt{(dx)^2 + (dz)^2}. \quad (2)$$

При рассмотрении силового взаимодействия нами также принято допущение об отсутствии перемещения центра тяжести внутри выделенного слоя.

Учитывая бесконечно малые размеры участка слоя, а также отсутствие перемещения центра тяжести внутри выделенного слоя, перемещение слоя отождествляем с перемещением элементарной частицы с массой, определяемой по формуле (1).

Выберем систему координат xyz с началом в точке, совпадающей с носком гребнеобразователя. Если соединить начало координат с центром тяжести радиус-вектором \vec{r} , то при перемещении выделенного участка слоя радиус-вектор \vec{r} будет описывать кривую функции $z=f(x)$.

Наряду с неподвижной системой координат $Oxyz$ задаемся также естественной системой координат n, τ . Ось n совпадает с радиус-вектором \vec{r} , соединяющим точку O , характеризующую точку приложения радиус-вектора с центром тяжести выделенного элементарного участка слоя почвы. Ось τ — касательная, проведенная в точке пересечения оси n с поверхностью гребнеобразователя. Оси n, τ изменяют свое положение относительно системы координат $Oxyz$ при перемещении радиус-вектора \vec{r} . Перемещение радиуса-вектора задается углом α . При этом касательная τ составляет с осью x также α . Значение угла α не является постоянным для всего профиля гребнеобразователя и зависит от кривизны профиля.

В качестве кривой задаемся положением радиус-вектора \vec{r} углом α и выделим в перемещающемся по поверхности гребнеобразователя почвенном слое элементарный участок. Участок выделяется при помощи двух радиус-векторов (на рис. 2 не показанных), смещенных относительно радиус-вектора \vec{r} на углы $d\alpha$.

Рассмотрим силы, действующие на выделенный участок слоя почвы (рис. 2).

Сила тяжести выделенного участка почвенного слоя dF_g направлена по нормали к оси x .

Угол α наклона касательной к поверхности гребнеобразователя в точке пересечения оси n , проведенной через центр тяжести выделенного участка слоя почвы с поверхностью гребнеобразователя, изменяется в процессе движения частицы и зависит от формы кривой $z=f(x)$.

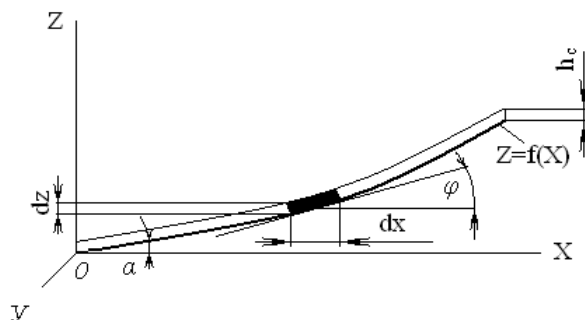


Рис. 1. Схема перемещения пласта почвы по поверхности гребнеобразователя

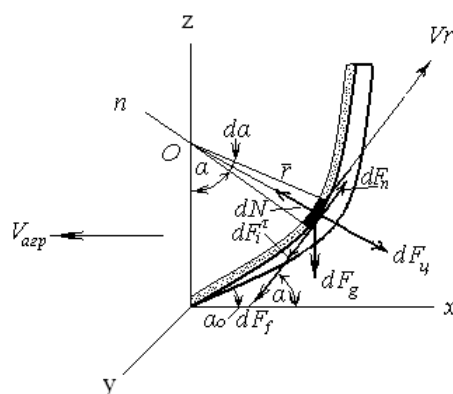


Рис. 2. Схема для определения сил, возникающих в результате взаимодействия выделенного участка почвенного слоя с поверхностью гребнеобразователя:

dF_n — усилие, необходимое для перемещения пласта, Н;
 dF_τ — сила сопротивления перемещению пласта по криволинейной поверхности на участке dS гребнеобразователя, Н;
 dF_g — сила тяжести пласта на участке dS , Н;
 dN — нормальная составляющая реакции dR поверхности гребнеобразователя на участке dS , Н;
 dF_u — центробежная сила инерции выделенного участка слоя почвы, Н

Значения указанных на рис. 2 сил определяются по формулам:

$$dF_g = dm \cdot g = p \cdot b \cdot h_c \cdot ds \cdot g, \quad (3)$$

$$dF_u = (dm \cdot V^2)/r = (p \cdot b \cdot h_c \cdot ds \cdot V^2)/r. \quad (4)$$

Составляющая силы веса участка пласта в направлении оси n равна

$$dF_g^n = dm \cdot g = p \cdot b \cdot h_c \cdot ds \cdot g \cdot \sin \alpha. \quad (5)$$

Учитывая, что центробежная сила также направлена по оси n и действует в том же направлении, что и сила dF_g^n , сложим эти силы, получим:

$$dF_g^n + dF_u = p \cdot b \cdot h_c \cdot g \cdot (1 + V^2/r) \cdot ds. \quad (6)$$

В уравнении (6) обозначим произведение $p \cdot b \cdot h_c \cdot g \cdot (1 + V^2/r)$ через P в этом случае формула (6) примет вид:

$$dF = P \cdot b \cdot ds. \quad (7)$$

Физический смысл P (Па) — удельное давление составляющей силы веса и центробежной силы выделенного слоя почвы, действующих на площадь bds .

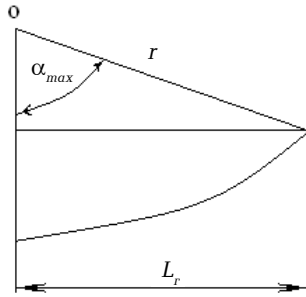


Рис. 3. Схема к определению длины гребнеобразователя

Спроектируем силы, действующие на выделенный участок слоя почвы, на ось n-n, и с учетом малости угла α , т.е. $\sin \alpha = d\alpha$ получим:

$$dN = F_n d\alpha + P \cdot b \cdot ds. \quad (8)$$

Полученная формула (7) позволяет получить выражение для силы трения в общепринятом виде:

$$dF_f = fdN = f \cdot P \cdot b \cdot ds + f \cdot F_n d\alpha. \quad (9)$$

Элементарная сила сопротивления перемещению выделенного участка слоя почвы определяется, если спроектировать действующие силы на ось τ - τ :

$$dF_n = -dF_f. \quad (10)$$

Учитывая (9), запишем формулу (10) в следующем виде

$$dF_n = -f \cdot P \cdot b \cdot ds - f \cdot F_n d\alpha. \quad (11)$$

Полученное дифференциальное уравнение (11) позволяет получить значение силы, необходимой для перемещения слоя почвы по поверхности гребнеобразователя. Для интегрирования данного уравнения перепишем его в следующем виде:

$$dF_n = -f \cdot F_n d\alpha - f \cdot P \cdot b \cdot r d\alpha. \quad (12)$$

В формуле (12) учтен тот факт, что $ds = r d\alpha$. Преобразуем формулу (12) к виду:

$$dF_n / d\alpha = -f \cdot F_n - f \cdot P \cdot b \cdot r. \quad (13)$$

В результате получено линейное дифференциальное уравнение 1-го порядка относительно силы и ее производной. Кривизна поверхности гребнеобразователя выражается через r . В зависимости от принятого профиля поверхности гребнеобразователя r представляется различными формулами. Так, если профиль поверхности гребнеобразователя представляет окружность $r = r_0$, в случае спирали $r = r_0 e^{k\alpha}$. В случае окружности r_0 — радиус окружности, в случае спирали r_0 — радиус спирали при $\alpha = 0$.

Метод интегрирования дифференциального уравнения (13) изложен в различных литературных источниках [4].

В случае если профиль гребнеобразователя принят в виде спирали, интегрируя уравнение при условии $\alpha = 0$ $F_n = 0$, получим формулу для определения

силы, необходимой для перемещения слоя почвы в следующем виде:

$$F_n = e^{-f\alpha} \left[\frac{f}{f-k} b \cdot P \cdot r_0 (1 - e^{(f-k)\alpha}) \right]. \quad (14)$$

Для определения силы, необходимой для перемещения слоя почвы в конкретном гребнеобразователе, необходимо угол α выразить через длину гребнеобразователя. Допустим, что длине гребнеобразователя соответствует угол α_{max} . Выразим значение угла α_{max} через длину гребнеобразователя, для чего рассмотрим схему, представленную на рис. 3.

Из схемы, представленной на рис. 3, следует, что:

$$L_r = r \cdot \sin \alpha_{max} \quad (15)$$

и формула для определения угла α_{max} имеет вид:

$$\alpha_{max} = \arcsin(L_r / r). \quad (16)$$

Проведя теоретические исследования сил, действующих на слой почвы на лапе культиватора, получены зависимости скорости движения и сил, необходимых для перемещения слоя почвы от профиля гребнеобразователя, что дает нам возможность выбрать рациональную скорость движения, соблюдать агротехнические требования при обработке почвы и равномерность засыпания сорных растений в рядке и подрезания в междурядьях.

Библиографический список

1. Ларионов, Ю. С. Проблемы, пути развития и экологическая безопасность растениеводства. Приоритетные национальные проекты «Развития АПК» / Ю. С. Ларионов, А. А. Косов, Н. А. Ярославцев // Реализация государственной программы развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия : материалы Междунар. науч.-техн. форума Омского государственного аграрного университета, 26–27 февр. 2009. В 2 ч. Ч. 1. — Омск, 2009. — С. 335–337.
2. Бермант, А. Ф., Абрамович И. Г. Краткий курс математического анализа / А. Ф. Бермант, И. Г. Абрамович. — М., 1967. — 736 с.
3. Орлов, А. Н. К обоснованию рабочего органа и орудия для безгербецидной технологии возделывания кукурузы / А. Н. Орлов, В. Е. Ковтунов // Реализация государственной программы развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия : материалы Междунар. науч.-техн. форума Омского государственного аграрного университета, 26–27 февр. 2009. В 2 ч. Ч. 1. — Омск — С. 341–343.
4. Резниченко, Г. Ю. Модели биологических систем / Г. Ю. Резниченко. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://spkurdyumjv/narod/ru/RiznLekl/Lekl/htm> (дата обращения : 27.04.10).

ОРЛОВ Андрей Николаевич, аспирант кафедры тракторов, автомобилей и эксплуатации машинно-тракторного парка.
Адрес для переписки: e-mail: nikkola22@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 27.04.2011 г.

© А. Н. Орлов