

Заключение

Проведенные исследования выявили, что лучшие показатели продуктивности при разных сроках выращивания имели сорта Дилл, Мамонт и Супердукат. Они формировали большую массу розетки листьев как при высоком, так и при низком уровне прихода солнечной энергии.

Таким образом, неодинаковый характер роста и продуктивность укропа в разные периоды выращивания в первую очередь связаны с биологическими особенностями сорта и уровнем освещенности в теплицах.

Библиографический список

1. Антипова О.В., Сибиряков А.А. Агротехнические рекомендации по выращиванию

листового салата и зеленных культур методом проточной гидропоники // Гавриш. – 2003. – № 3. – С. 4-13.

2. Антипова О.В. Технология выращивания рассады овощных культур методом подтопления // Гавриш. – 2006. – № 2. – С. 6-11.

3. Брызгалов В.А., Советкина В.Е., Савинова Н.И. Овощеводство защищенного грунта. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1995. – 352 с.

4. Нурметов Р.Д., Девочкина Н.Л., Разин А.Ф. Защищенный грунт России: состояние, проблемы, внедрение инновационных технологий // Гавриш. – 2012. – № 3. – С. 31.



УДК 633.11 «321»:631.559:631.51:631.82/.85

**Г.Г. Морковкин,
С.В. Жандарова,
И.П. Аверьянова**

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ОПТИМИЗИРОВАННЫХ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА МОБИЛИЗАЦИЮ ПОДВИЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Ключевые слова: обработка почвы, оптимизация минерального питания, подвижные элементы питания, информационно-логический анализ, урожайность, яровая пшеница.

Основными задачами агропромышленного комплекса являются достижение устойчивого роста сельскохозяйственного производства, надежное обеспечение страны продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем.

Получить высокие урожаи доброкачественной растениеводческой продукции невозможно без удовлетворения потребностей растений в необходимых факторах жизни. Многочисленными исследованиями установлено, что получить максимальный, генетически обусловленный уровень урожайности даже на высококультурных почвах можно только при направленном регулировании питания растений с учетом законов формирования урожая и требований культуры [6].

Получение высоких урожаев возможно при оптимальном сочетании всех факторов урожайности. Поэтому и агротехнические мероприятия должны быть строго конкре-

тизированы для определенной сельскохозяйственной культуры, земельного участка, почвенно-климатических условий. Только при своевременном и качественном проведении агротехнических приемов в полной мере удовлетворяется потребность растений в питательных веществах и формируются высокие урожаи. Правильная система обработки почвы – важное условие регулирования водно-воздушного и питательного режимов почвы, обеспеченности растений влагой и питательными веществами [5].

Цель исследований: определение рациональных способов основной обработки почвы и норм минеральных удобрений, оказывающих существенное влияние на мобилизацию элементов минерального питания растений и урожайность зерна яровой пшеницы сорта Памяти Азиева в условиях умеренно-засушливой и колочной степи Алтайского края.

Объекты и методы

Опыт был заложен в условиях учебно-опытного хозяйства АГАУ «Пригородное» осенью 2010 г. Почвами опытного участка являются черноземы выщелоченные среднеспособные малогумусные среднесуглинистые.

Схема опыта:

Фактор А – основная обработка почвы по пласту многолетних трав (кострец безостый) проводилась по фону позднего осеннего щелевания и без него в 2010 г.

Варианты обработок:

- 1) ПН 5-35 (25-27 см) + БДТ-7,0 (8 см);
- 2) КПГ-250 (25-27 см) + БДТ-7,0 (8 см);
- 3) двукратная обработка КПГ-250 (25-27 см);
- 4) БДТ-7,0 (8 см) + КПГ-250 (25-27 см);
- 5) двукратная обработка БДТ-7,0 (8 см);
- 6) БДТ-7,0 (8 см) + ПН 5-35 (25-27 см).

Фактор В – удобрение:

- 1) Контроль (фон);
- 2) $N_{20}P_{20}K_{20}$ (рекомендуемая стартовая доза) [8];
- 3) $N_{29}K_{21}$ (оптимизированная норма на получение урожайности зерна 2,5 т/га) в 2011 г.;

$N_{87}P_{23}$ (оптимизированная норма на получение урожайности зерна 3,0 т/га) в 2012 г.;

4) N_5K_4 (оптимизированная норма на получение прибавки урожая зерна 0,5 т/га) в 2011 г.;

N_5 (оптимизированная норма на получение прибавки урожая зерна 1,5 т/га) в 2012 г.

Под предпосевную культивацию вносили мочевину (карбамид), простой суперфосфат, хлористый калий, азофоску.

Схема расположения двухфакторного опыта методом расщепленных делянок. Площадь опытной делянки 15 м², повторность опыта трехкратная, площадь опытного участка 2400 м².

Содержание подвижных питательных веществ в почве определяли по периодам вегетации яровой пшеницы. В почвенных образцах определяли нитратный азот с дисульфобензеновой кислотой по методу Гранд-Валь-Ляжу, азот обменного аммония – с реактивом Неслера, подвижный фосфор и обменный калий в одной вытяжке – по методу Чирикова; с последующим определением азота и фосфора на электрофотокolorиметре; обменный калий – на пламенном фотометре.

Урожайность зерна яровой пшеницы учитывали в 4-кратной повторности. Математическую обработку урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.Д. Доспехову (1985).

Результаты исследований

Вегетационные периоды 2011 и 2012 гг. по гидротермическому режиму были засушливыми (табл. 1). Наблюдалось незначительное количество выпавших осадков при высоких среднесуточных температурах, что оказало существенное влияние на динамику

подвижных питательных веществ в почве, а также на рост и развитие растений яровой пшеницы.

Увеличение среднесуточных температур и уменьшение осадков за вегетационный период 2012 г. по сравнению с 2011 г. привело к снижению показателей ГТК₁ и ГТК₂ в 2012 г. по сравнению с предыдущим почти в два раза.

С помощью информационно-логического анализа, апробированного ранее Л.М. Бураковой, определяли степень и характер связи между способами обработки почвы и содержанием подвижных элементов питания растений в почве в фазу кущения яровой пшеницы (в критический период для роста и развития изучаемой культуры) [2, 3]. Для выявления характера влияния обработки почвы на мобилизацию подвижных элементов минерального питания растений в информационно-логический анализ были вовлечены все данные по вариантам опыта независимо от вносимых минеральных удобрений.

Информационно-логический анализ позволил установить наиболее вероятные (специфичные) состояния содержания элементов питания растений веществ в почве по вариантам обработки в фазу кущения яровой пшеницы по годам исследований (табл. 2 и 3).

Из данных таблицы 2 следует, что в 2011 г. содержание в почве нитратного азота, фосфора и калия на вариантах со щелеванием и без него соответствовало 2-му классу обеспеченности (низкая обеспеченность), а азота обменного аммония – 4-му классу обеспеченности (повышенная) [1].

Использование информационно-логического метода анализа позволило установить высокую зависимость между способами обработки и содержанием в почве подвижной фосфорной кислоты как на фоне с поздним осенним щелеванием так и без него. Эта зависимость характеризуется высокой общей информативностью (Т) (0,5123 и 0,5755 бит соответственно) и эффективностью канала связи (К) (0,1982 и 0,2228 соответственно). Несколько ниже эта связь между фактором обработки почвы и содержанием в почве калия и аммонийного азота, и наименьшая – с нитратным азотом (Т = 0,1189 К = 0,0450 без щелевания и Т = 0,1778 К = 0,0688 с поздним осенним щелеванием).

Наибольшему накоплению нитратного азота и обменного калия способствовали плоскорезная обработка почвы и сочетание плоскорезной обработки с обработкой почвы дисковой бороной.

Таблица 1

Характеристика гидротермических условий по данным агрометеостанции Алтайского НИИСХ, г. Барнаул

Показатели	Месяцы							
	V		VI		VII		VIII	
	Н	Ф	Н	Ф	Н	Ф	Н	Ф
Средние многолетние осадки, мм	42,0	$\frac{32,1}{23,1}$	47,1	$\frac{30,0}{16,5}$	63,9	$\frac{42,0}{40,5}$	48,9	$\frac{36,0}{44,1}$
Средние многолетние среднесуточные температуры, °С	12,0	$\frac{12,2}{12,1}$	17,7	$\frac{20,2}{22,1}$	19,9	$\frac{18,1}{22,1}$	17,0	$\frac{16,4}{18,4}$
ГТК ₁ (V-VI) Н	1,0							
ГТК ₁ (V-VI) Ф	$\frac{0,64}{0,33}$							
ГТК ₂ (V-VIII) Н	1,0							
ГТК ₂ (V-VIII) Ф	$\frac{0,70}{0,47}$							

Примечание. Н – среднемноголетнее значение показателя (климатическая норма 1971-2000 гг.); Ф – фактическое значение показателя за 2011 и 2012 гг. В числителе – 2011 г., знаменателе – 2012 г.

Таблица 2

Специфические состояния содержания подвижных элементов питания по вариантам обработки почвы, 2011 г.

Обра- ботка	Без щелевания							
	N-NO ₃		N-NH ₄		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	мг/кг	ранг	мг/кг	ранг	мг/100 г	ранг	мг/100 г	ранг
1	10-13	3	<19	1	<30	1	10-13	3
2	7-13	2-3	19-23	2-3	30-40	2	7-13	2-3
3	10-13	3	>25	5	40-50	3	10-13	3
4	7-13	2-3	23-25	4	>50	4	7-13	2-3
5	7-10	2	23-25	4	30-50	2-3	7-10	2
6	10-13	3	<19	1	30-50	2-3	10-13	3
	T = 0,1189 K = 0,0450		T = 0,1274 K = 0,0493		T = 0,5755 K = 0,2228		T = 0,2836 K = 0,1098	
Обра- ботка	Со щелеванием							
	N-NO ₃		N-NH ₄		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	мг/кг	ранг	мг/кг	ранг	мг/100 г	ранг	мг/100 г	ранг
1	7-10	2	<19	1	25-30	3	7-10	2
2	7-13	2-3	19-21	2	>30	3	7-13	2-3
3	>13	4	21-25	3-4	25-30	3	>13	4
4	>13	4	23-25	4	>30	4	>13	4
5	7-10	2	23-25	4	>30	4	7-10	2
6	10-13	3	<19	1	15-25	2-3	10-13	3
	T = 0,1778 K = 0,0688		T = 0,2191 K = 0,0848		T = 0,5123 K = 0,1982		T = 0,4411 K = 0,1705	

Примечание. T – общее количество информации, передающейся от фактора к явлению, бит; K – коэффициент эффективности передачи информации от фактора к явлению.

На содержание азота обменного аммония большее влияние оказал фон без осеннего щелевания в сочетании с двукратной плоскорезной обработкой почвы, а на содержание подвижной фосфорной кислоты – двукратная обработка почвы дисковой бороной и сочетание ее с плоскорезной обработкой.

Последствие отвальной вспашки способствовало повышению в почве нитратного азота и обменного калия, но привело к снижению азота обменного аммония и подвижной фосфорной кислоты.

Следует отметить, что на фоне с поздним осенним щелеванием теснота связи

между фактором и явлением увеличивается. Это, вероятно, обусловлено усилением мобилизации подвижных элементов питания при улучшении водного и воздушного режима почвы на фоне позднего осеннего щелевания.

В связи с острозасушливым летом 2012 г., содержание в почве подвижной фосфорной кислоты несколько уменьшилось до 15 мг/100 г на фоне без щелевания и до 25 мг/100 г – со щелеванием, обменного калия до 35 мг/100 г со щелеванием и без щелевания, а содержание азота нитратной формы, наоборот, возросло до 20 мг/кг.

Таблица 3

Специфические состояния содержания подвижных элементов питания в почве по вариантам обработки в фазу кущения яровой пшеницы в 2012 г.

Без щелевания								
Обра- ра- ботка	N-NO ₃		N-NH ₄		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	мг/кг	ранг	мг/кг	ранг	мг/100 г	ранг	мг/100 г	ранг
1	<10	1	12-15	2	<20	1	<10	1
2	10-20	2-3	12-15	2	20-30	2-3	10-20	2-3
3	15-20	3	>15	3	20-30	2-3	15-20	3
4	15-20	3	12-15	2	25-30	3	15-20	3
5	>20	4	<12	1	30-35	4	>20	4
6	10-15	2	<12	1	<20	1	10-15	2
	T = 0,176 K = 0,0682		T = 0,2696 K = 0,1043		T = 0,0635 K = 0,0246		T = 0,4411 K = 0,1705	
Со щелеванием								
Обра- ра- ботка	N-NO ₃		N-NH ₄		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	мг/кг	ранг	мг/кг	ранг	мг/100 г	ранг	мг/100 г	ранг
1	<10	1	<12	1	<12	1	<20	1
2	>20	4	12-18	2-3	12-18	2-3	20-25	2
3	>20	4	<12	1	<12	1	25-35	3-4
4	10-15	2	>18	4	>18	4	25-35	3-4
5	15-20	3	12-15	2	12-15	2	>35	5
6	10-15	2	12-18	2-3	12-18	2-3	>35	5
	T = 0,2664 K = 0,1039		T = 0,2423 K = 0,0936		T = 0,2335 K = 0,0902		T = 0,2836 K = 0,1098	

Примечание. T – общее количество информации, передающейся от фактора к явлению, бит; K – коэффициент эффективности передачи информации от фактора к явлению.

В отличие от 2011 г., в более сухом 2012 г. наиболее тесная связь наблюдается между обработками почвы и содержанием в почве обменного калия, а наименьшая – с подвижной фосфорной кислотой.

По уменьшению тесноты связи между способами обработки почвы и содержанием подвижных элементов питания растений в почве подвижные элементы питания можно расположить в следующие ряды.

1. 2011 г.:

- фон без щелевания:

P₂O₅ > K₂O > N-NH₄ > N-NO₃;

- фон со щелеванием:

P₂O₅ > K₂O > N-NH₄ > N-NO₃.

2. 2012 г.:

- фон без щелевания:

K₂O > N-NH₄ > N-NO₃ > P₂O₅;

- фон со щелеванием:

K₂O > N-NO₃ > N-NH₄ > P₂O₅.

В годы исследований наибольшее накопление в почве подвижных элементов питания наблюдалось на вариантах с двукратной плоскорезной обработкой и с двукратной обработкой почвы дисковой бороной, а также на варианте сочетания плоскорезной обработки почвы с дисковой бороной. Наименьшее влияние на мобилизацию элементов минерального питания оказала отвальная обработка почвы.

Данные содержания подвижных элементов питания в почве в фазу кущения по вариантам внесения удобрений (в среднем по видам обработок почвы) представлены в таблице 4.

Таблица 4

Содержание подвижных форм элементов питания растений по вариантам внесения минеральных удобрений

Нормы минеральных удобрений кг/га д.в.	2011 г.				2012 г.			
	N-NO ₃ , мг/кг	N-NH ₄ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г	N-NO ₃ , мг/кг	N-NH ₄ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г
Контроль	17,3	15,1	21,2	25,1	15,7	27,1	13,0	29,5
	12,8	16,1	20,7	22,8	12,8	27,6	14,5	34,6
N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	10,2	25,8	20,3	25,4	13,0	26,3	15,1	23,2
	11,1	22,9	20,9	26,1	13,4	25,9	17,1	21,6
Оптимизированная на урожайность	17,5	27,2	22,8	26,3	18,8	28,5	15,1	29,0
	14,7	23,3	23,6	26,7	13,4	28,9	17,7	31,1
Оптимизированная на прибавку урожая	13,8	28,7	21,1	28,0	14,9	26,2	16,4	31,3
	13,3	33,9	22,2	26,7	25,5	25,9	18,5	54,7

Примечание. В числителе – без щелевания; знаменателе – с поздним осенним щелеванием (2010 г.).

Содержание подвижных элементов питания растений в почве в фазу кущения яровой пшеницы отличалось по вариантам внесения минеральных удобрений и фону последствия позднего осеннего щелевания.

Содержание нитратного азота в 2011 и 2012 гг. исследований находилось на уровне второго класса обеспеченности (низкая обеспеченность) и только в 2012 г. на варианте с оптимизированной нормой на прибавку урожая (N_5) по фону последствия щелевания содержание составило 25,5 мг/кг, что связано с усилением процессов нитрификации, так как в 2011 г. содержание аммонийной формы азота было наибольшим и составило 33,9 мг/кг [1]. Накопление азота обменного аммония в 2011 г. наблюдалось на вариантах с внесением минеральных удобрений, а в 2012 г. отличий по вариантам не наблюдалось и обеспеченность почвы была на уровне 4-го класса (повышенная).

Содержание подвижной фосфорной кислоты в почве отличалось по годам исследования. В 2011 г. содержание составило от 20,3 до 29,6 мг/100 г, что соответствует очень высокой обеспеченности, а в 2012 г. засушливые условия не способствовали процессам мобилизации, в результате чего содержание фосфора было меньше и колебалось от повышенной обеспеченности (на варианте без удобрений) до высокой (на удобренных вариантах).

В 2011 и 2012 гг. исследований содержание обменного калия существенно не отличалось по вариантам и обеспеченность почвы была очень высокой.

При сравнении вариантов основных обработок почвы без внесения удобрений в 2011 г. отмечено, что наибольшая урожайность зерна яровой пшеницы была получена на варианте с отвальной обработкой почвы в сочетании с дисковой бороной (в среднем 3,1 т/га) и с двукратной обработкой почвы дисковой бороной на фоне позднего осеннего щелевания (в среднем 3,62 т/га) (табл. 5).

Следует отметить, что последствие позднего осеннего щелевания способствовало повышению урожайности зерна.

Основные обработки почвы оказали определенное воздействие на формирование урожайности зерна яровой пшеницы и по вариантам внесения минеральных удобрений. Наибольшая урожайность зерна сформировалась в 2011 г. на варианте с внесением оптимизированной нормы минеральных удобрений ($N_{29}K_{21}$) и в среднем по способам обработки почвы урожайность составила 3,14 т/га без щелевания и 3,78 т/га со щелеванием. На варианте по сочетанию оптимизированной нормы минеральных удобрений ($N_{29}K_{21}$) с двукратной обработкой почвы БДТ по фону щелевания урожайность зерна значительно превышала урожайность вариантов остальных способов обработок почвы и составила 4,15 т/га.

Таблица 5

Влияние последствия основной обработки почвы и норм минеральных удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы, т/га

Способы обработки почвы	2011 г.				\bar{X}_1	2012 г.				\bar{X}_1
	без удобрений	$N_{20}P_{20}K_{20}$	$N_{29}K_{21}$	N_5K_4		без удобрений	$N_{20}P_{20}K_{20}$	$N_{87}P_{23}$	N_5	
ПН+БДТ	2,75	3,32	3,35	2,98	3,10	0,34	0,35	0,45	0,47	0,41
	2,25	3,33	3,75	3,10	3,11	0,31	0,53	0,24	0,43	0,38
КПГ+БДТ	2,20	2,80	2,95	2,25	2,55	0,33	1,23	0,36	0,34	0,57
	2,75	3,15	3,80	3,50	3,30	0,35	0,21	0,82	0,25	0,41
КПГ+КПГ	2,50	2,60	3,20	2,88	2,80	0,24	0,55	1,20	0,29	0,57
	2,50	3,25	3,53	2,90	3,05	0,40	1,05	2,25	0,44	1,04
БДТ+КПГ	2,10	2,45	2,86	2,36	2,45	0,27	0,23	0,36	0,37	0,31
	2,90	3,48	3,68	2,85	3,29	0,75	0,60	0,51	0,60	0,62
БДТ+БДТ	2,08	2,28	2,85	2,25	2,37	1,08	0,59	1,78	0,29	0,94
	2,83	4,08	4,15	3,40	3,62	0,53	0,26	0,44	0,43	0,42
БДТ+ПН	2,40	2,98	3,60	2,83	2,96	0,57	0,70	0,63	0,62	0,63
	2,88	3,45	3,75	2,95	3,26	0,53	0,53	0,61	0,64	0,58
\bar{X}_2	2,34	2,74	3,14	2,63		0,48	0,61	0,80	0,40	
	2,69	3,46	3,78	3,12		0,48	0,53	0,81	0,47	

Примечание. \bar{X}_1 – средние значения по вариантам внесения удобрений; \bar{X}_2 – средние значения по вариантам способов обработки почвы. Над чертой – без щелевания, под чертой – с поздним осенним щелеванием.

В 2012 г. последствие основных обработок почвы и щелевания не однозначно повлияло на урожайность зерна яровой пшеницы. По щелеванию в сочетании с двукратной плоскорезной обработкой получена наибольшая урожайность зерна яровой пшеницы (1,04 т/га). На фоне без щелевания наибольшая урожайность зерна получена на варианте с последствием двукратной обработки почвы дисковой бороной (0,94 т/га). Однако, следует отметить, что в этот год различия в формирующейся урожайности зерна в зависимости от фона щелевания либо без него незначительны. В сухом 2012 г. по вариантам с применением удобрений наибольшая средняя урожайность по способам обработки получена на варианте с оптимизированной нормой минеральных удобрений $N_{87}P_{23}$.

Выводы

В результате исследований выявлены различия направленности в мобилизации подвижных элементов питания в относительно засушливый (2011 г.) и сухой (2012 г.) годы. Так, на фонах разных обработок почвы в большей степени проявляется мобилизация подвижного фосфора и обменного калия в сравнительно более влажный год. Теснота связи между способами обработки и такими элементами минерального питания, как нитратный азот и подвижный фосфор наиболее высокая на фоне последствия позднего осеннего щелевания, что свидетельствует об активном воздействии этого приема на мобилизацию указанных форм элементов минерального питания растений.

Действие и последствие основных обработок почвы и щелевания в сочетании с оптимизированными нормами минеральных удобрений оказали существенное влияние на урожайность зерна яровой пшеницы. В 2011 г. поверхностная обработка пласта многолетних трав БДТ в сочетании со щелеванием почвы и оптимизированной нормой

минеральных удобрений ($N_{29}K_{21}$) способствовала получению наиболее высокой урожайности зерна яровой пшеницы (4,15 т/га), а в более сухой 2012 г. более высокая урожайность зерна отмечена на варианте с двукратной плоскорезной обработкой и щелеванием с оптимизированной нормой минеральных удобрений $N_{87}P_{23}$.

Библиографический список

1. Антонова О.И., Бурлакова Л.М., Нестеров В.В., Островянчик М.Ф. и др. Применение удобрений в Алтайском крае: учеб. пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Барнаул: АСХИ, 1986. – 107 с.
2. Бурлакова Л.М. Оптимизация минерального питания яровой пшеницы на основе информационно-логической модели урожайности // Разработка систем и техника применения удобрений, обеспечивающих расширенное воспроизводство почвенного плодородия и планирование урожая высоко качества. – Алма-Ата, 1988. – С. 47-51.
3. Бурлакова Л.М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: Наука, 1984. – 198 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1985. – 351 с.
5. Ермохин Ю.И., Бобренко И.А. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе системы «ПРОД»): монография. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 284 с.
6. Кулаковская Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. – Минск: Ураджай, 1978. – 298 с.
7. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений. – 2-е изд., перераб. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 184 с.
8. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е. и др. Растениеводство. – М.: КолосС, 2006. – 612 с.

