

И.Р. Вильдфлуш, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А.Р. Цыганов, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
П.А. Саскевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Д.Н. Прокопенков, соискатель
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия
УДК 631.8+632:633.853.494

Эффективность совместного применения удобрений и средств защиты растений при возделывании ярового рапса

На дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах применение азотных удобрений в дозе N_{120} на фоне $P_{70}K_{120}$ оказало наиболее сильное влияние на повышение урожайности семян ярового рапса. Дробное внесение азота (N_{90} до посева + N_{30} в подкормку) не имело преимуществ по сравнению с применением N_{120} до посева. Смесь растворов карбамида и аммиачной селитры можно использовать для некорневых подкормок ярового рапса при разбавлении водой 1:3. Положительное влияние на повышение урожайности и качество семян ярового рапса оказало применение микроэлементов бора и молибдена.

Совместное внесение инсектицида каратэ с бором и молибденом на фоне $N_{120}P_{70}K_{120}$ обеспечивало получение самой высокой в опыте урожайности семян ярового рапса, выхода сырого жира с 1 га, энергетической и экономической эффективности применения удобрений.

Особенностью и принципиальной сущностью нынешнего этапа развития сельскохозяйственного производства является необходимость наращивания растениеводческой продукции в условиях сокращения потребления энергоресурсов [1, 2].

Существенно повысить урожайность и снизить затраты на удобрения для сельскохозяйственных культур можно за счет оптимизации минерального питания, выявления наименее энергозатратных систем удобрения, совместного их применения с микроэлементами и средствами защиты растений. Следует также указать на слабую изученность применения микроэлементов и возможность совмещения их внесения с инсектицидами и другими средствами защиты растений при возделывании ярового рапса. Исследования показали, что эффективным микроэлементом, кроме бора, который широко используется при возделывании рапса, является молибден [3, 4]. По данным российских ученых, на выщелоченном черноземе наряду с бором и молибденом эффективным оказалось применение марганца. Наиболее эффективным приемом использования микроудобрений были некорневые подкормки [5].

Цель исследований – изучение возможности применения жидкого азотного удобрения КАС для некорневых подкормок ярового рапса, эффективности баковых смесей КАС с инсектицидом каратэ и инсектицида каратэ с микроэлементами бором и молибденом.

The application of the nitrogen fertilizers on sward-podzolic light loamy soils in the dosage of N_{120} at the background $P_{70}K_{120}$ showed the most strong influence on the increase of the yield of spring rape seeds. The fractional application of the nitrogen (N_{90} before sowing + N_{30} in the leaf feeding dressing) was not better than the placement of N_{120} before sowing. Mixture solutions carbomide and ammonium nitrate (CAN) may be used for leaf dressing of the spring rape in 1 to 3 solution with the water. The application of the microelements B and Mo had positive influence on the productivity increase and seeds quality of spring rape. Complex application of the herbicide karate with boron and molybdenum at the background $N_{120}P_{70}K_{120}$ provided maximum seeds quality of the spring rape in the experiment and well as the best oil content per hectare, energy and means efficiency spent on application.

Исследования с яровым рапсом сорта Явар проводились на дерново-подзолистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемой с глубины около 1 м моренным суглинком, на опытном поле “Тушково” учебно-опытного хозяйства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

По годам исследований почва имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию (pH_{KCl} 5,7–6,3), низкое и недостаточное содержание гумуса (1,50–1,52%), повышенную обеспеченность подвижными формами фосфора (168–205 мг/кг), среднюю и повышенную – обменным калием (188–208 мг/кг), низкую и среднюю – подвижными формами бора (0,30–0,45 мг/кг).

Общая площадь делянки 20 м², учетная – 17,6 м², повторность в опытах четырехкратная. Норма высева семян – 2 млн. всхожих семян на 1 га. Из удобрений использовались карбамид, сульфат аммония, КАС, двойной суперфосфат, хлористый калий. Мочевина применялась только в 9-м варианте опыта, во всех остальных – сульфат аммония.

Проводили некорневые подкормки КАС в разбавлении водой 1:3, а также использовалась баковая смесь КАС с инсектицидом каратэ. Некорневые подкормки осуществляли в фазу бутонизации молибденово-кислым аммонием (0,2 кг/га) и борной кислотой (0,3 кг/га) отдельно или совмещали с инсектицидом каратэ (50% к.э. 150 мл/га). Инсектицид каратэ приме-

нялся во всех вариантах опыта, кроме третьего (табл. 1).

Действие фосфорных и калийных удобрений при возделывании ярового рапса было более эффективным в засушливом 2002 г. В среднем за три года урожайность маслосемян при внесении $P_{70}K_{120}$ по сравнению с контролем возросла на 3,3 ц/га, а $N_{120}P_{70}K_{120}$ – на 12,8 ц/га (табл. 1). Следовательно, азотные удобрения на фоне $P_{70}K_{120}$ оказали наиболее сильное влияние на повышение урожайности маслосемян ярового рапса. Дробное внесение азотных удобрений N_{90} до посева в форме сульфата аммония + N_{30} КАС в некорневую подкормку в фазу стеблевания не имело преимущества по сравнению с применением N_{120} до посева. Следует также отметить, что КАС можно использовать для некорневых подкормок этой культуры при разбавлении водой 1 : 3. Уменьшение дозы каратэ на 30% при совместном внесении с КАС приводило к некоторому снижению урожайности маслосемян, в то же время раздельное и совместное внесение каратэ с КАС обеспечивало одинаковую урожайность. Применение сульфата аммония до посева в дозе N_{120} не имело преимущества по сравнению с использованием мочевины на фоне $P_{70}K_{120}$ (табл. 1). Без применения инсектицида каратэ урожайность маслосемян ярового рапса снижалась на 10,5 ц/га.

Положительное действие на повышение урожайности маслосемян ярового рапса оказало использование микроудобрений. Совместное применение инсектицида каратэ с бором на фоне $N_{120}P_{70}K_{120}$ в среднем за 3 года повышало урожайность маслосемян на 1,8 ц/га, а с молибденом и бором – на 2,5 ц/га (табл. 1). В этом варианте в среднем за 3 года была получена максимальная урожайность маслосемян ярового рапса (23,2 ц/га) и максимальная окупаемость 1 кг НРК – 5,0 кг маслосемян. Применение бора или бора с молибденом раздельно или совместно с инсектицидом каратэ было равнозначным, но совмещение операций по внесению инсектицидов и микроудобрений позволяет экономить значительные средства.

Фосфорные, калийные и азотные удобрения, а также микроудобрения способствовали увеличению содержания сырого жира в семенах ярового рапса (табл. 2). Максимальное его количество и выход наблюдались в варианте с совместным применением каратэ с бором и молибденом на фоне $N_{120}P_{70}K_{120}$. Следует отметить, что содержание сырого жира и сырого белка в семенах рапса было выше в 2001–2002 гг. с очень теплой погодой и с недостаточным количеством осадков в летние месяцы.

Содержание сырого белка (как и сырого жира) возрастало под влиянием азотных, фосфорных, калийных и микроудобре-

Таблица 1. Эффективность комплексного применения удобрений и средств защиты растений под яровой рапс (среднее за 2000-2002 гг.)

Варианты опыта	Урожайность маслосемян, ц/га				Прибавка к контролю, ц/га	Окупаемость 1 кг НРК, кг маслосемян
	2000 г	2001 г	2002 г	среднее за 3 года		
1. Без удобрений	7,1	8,7	7,2	7,6 (8,0)*	-	-
2. $P_{70}K_{120}$	9,7	10,3	12,7	10,9(11,5)*	3,3	1,7
3. $N_{120}P_{70}K_{120}$ (без инсектицидов)	-	10,2	13,8	12,0*	4,4*	1,4*
4. $N_{70}P_{70}K_{120}$ + N_{30} КАС с каратэ в фазу стеблевания + N_{20} КАС в фазу бутонизации с каратэ.	18,6	20,9	22,8	20,8(21,9)*	13,1	4,2
5. $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} КАС в фазу стеблевания + каратэ	18,4	20,1	22,6	20,4(21,4)*	12,7	4,1
6. $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} КАС с каратэ в фазу стеблевания	18,8	19,9	23,6	20,8(21,8)*	13,1	4,2
7. $N_{90}P_{70}K_{120}$ + N_{30} КАС с 70% дозы каратэ в фазу стеблевания	18,0	18,8	22,5	19,8(20,7)*	12,1	3,9
8. N_{120} сульфат аммония $P_{70}K_{120}$	17,0	22,1	22,9	20,7(22,5)*	13,0	4,2
9. N_{120} мочевина $P_{70}K_{120}$	17,3	21,1	22,8	20,4 (22,0)	12,7	4,1
10. $N_{120}P_{70}K_{120}$ + В (0,3 кг H_3BO_3) в фазу бутонизации с каратэ	19,1	23,2	25,3	22,5(24,3)*	14,9	4,8
11. $N_{120}P_{70}K_{120}$ + Мо (0,2 кг/га молибдата аммония) в фазу бутонизации с каратэ	17,9	21,7	24,3	21,3(23,0)*	13,6	4,4
12. $N_{120}P_{70}K_{120}$ + Мо и В в фазу бутонизации с каратэ	19,3	24,2	26,2	23,2(25,2)*	15,6	5,0
13. $N_{70}P_{70}K_{120}$ + N_{30} КАС в фазу стеблевания + N_{20} КАС в фазу бутонизации	18,1	21,1	22,9	20,7(22,0)*	13,0	4,2
14. $N_{120}P_{70}K_{120}$ + Мо и В в фазу бутонизации	18,5	24,1	25,9	22,8(25,0)*	15,2	4,9
15. $N_{120}P_{70}K_{120}$ + В в фазу бутонизации	-	22,4	25,1	23,8*	16,2*	5,2*
16. $N_{120}P_{70}K_{120}$ + Мо в фазу бутонизации	-	23,5	23,9	23,7*	16,1*	5,2*
НСР ₀₅	0,7	1,5	1,6	0,7		

Примечание. * – данные в среднем за 2001-2002 гг.

Таблица 2. Влияние удобрений на содержание и выход сырого жира, а также сырого белка при возделывании ярового рапса (среднее за 2000-2002 гг.)

Варианты опыта	Сырой жир, %				Выход сырого жира, ц/га	Сырой белок, %	Выход сырого белка, ц/га
	2000 г.	2001 г.	2002 г.	среднее за 3 года	среднее за 3 года		
1. Без удобрений	29,9	41,1	35,8	35,6 (38,5)*	2,5 (2,9)*	23,6 (25,6)*	1,7 (1,9)*
2. P ₇₀ K ₁₂₀	34,6	41,6	36,8	37,7 (39,2)*	3,8 (4,1)*	25,4 (28,1)*	2,6 (2,9)*
3. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ (без инсектицидов)	-	42,8	38,8	(40,8)*	(4,5)*	(28,9)*	(3,2)*
4. N ₇₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС с каратэ в фазу стеблевания + N ₂₀ КАС в фазу бутонизации с каратэ	36,4	43,8	42,3	40,8 (43,1)*	7,8 (8,6)*	26,4 (29,4)*	5,1 (5,9)*
5. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС в фазу стеблевания + каратэ	37,9	43,9	41,2	41,0 (42,6)*	7,7 (8,4)*	25,5 (27,7)*	4,8 (5,5)*
6. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС с каратэ в фазу стеблевания	39,1	43,9	42,2	41,7 (43,1)*	8,0 (8,6)*	26,0 (29,1)*	5,0 (5,8)*
7. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС с 70% дозы каратэ в фазу стеблевания	36,7	43,3	41,6	40,5 (42,5)*	7,4 (8,1)*	25,7 (28,1)*	4,8 (5,5)*
8. N ₁₂₀ сульфат аммония P ₇₀ K ₁₂₀	37,9	43,0	39,1	40,0 (41,1)*	7,5 (8,3)*	26,9 (29,6)*	5,2 (6,1)*
9. N ₁₂₀ мочевины P ₇₀ K ₁₂₀	37,1	43,3	39,7	40,0 (41,5)*	7,5 (8,35)*	25,8 (28,1)*	4,9 (5,7)*
10. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + В (0,3 кг Н ₃ ВО ₃) в фазу бутонизации с каратэ	38,6	45,3	43,3	42,4 (44,3)*	8,8 (9,8)*	27,4 (29,3)*	5,7 (6,5)*
11. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + Мо (0,2 кг/га молибдата аммония) в фазу бутонизации с каратэ	38,1	44,7	42,3	41,7 (43,5)*	8,2 (9,2)*	26,6 (28,8)*	5,3 (6,1)*
12. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + Мо и В в фазу бутонизации с каратэ	41,0	45,7	42,7	43,1 (44,2)*	9,1 (10,1)*	27,7 (29,7)*	5,9 (6,8)*
13. N ₇₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС в фазу стеблевания + N ₂₀ КАС в фазу бутонизации	37,8	43,2	40,5	40,5 (41,9)*	7,7 (8,5)*	26,8 (29,5)*	5,2 (6,0)*
14. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + Мо и В в фазу бутонизации	39,4	45,4	42,1	42,3 (43,8)*	8,9 (10,1)*	27,4 (29,5)*	5,8 (6,8)*
15. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + В в фазу бутонизации	-	44,1	43,7	(43,9)*	(9,6)*	(28,5)*	(6,3)*
16. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + Мо в фазу бутонизации	-	42,8	41,6	(42,2)*	(9,25)*	(27,6)*	(6,1)*

Примечание. * – среднее за 2001-2002 гг.

ний (табл. 2). Максимальное его количество и выход отмечены при совместном внесении инсектицида каратэ с бором и молибденом на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₂₀. Нами была рассчитана экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений согласно общепринятым методикам [6, 7].

Анализ экономической эффективности применения удобрений под яровой рапс показывает, что основное влияние на прибавку урожайности маслосемян, а следовательно, и на повышение рентабельности оказывали азотные и микроудобрения (табл. 3).

Применение фосфорных и калийных удобрений незначительно повышало урожайность ярового рапса и при больших производственных затратах, большая часть которых приходится на фосфорные удобрения, было нерентабельным. Рассмотрение экономической эффективности различных форм азотных удобрений показало, что более рентабельным было использование сульфата аммония по сравнению с мочевиной

по причине более высокой стоимости единицы азота в последней.

Наилучшим, с точки зрения получения чистого дохода и рентабельности, среди всех изучаемых вариантов опыта оказался вариант с совместным применением борного и молибденового микроудобрений в комплексе с инсектицидом каратэ, что соответственно на 6,4 у.е. и 12% больше, чем в аналогичном варианте, но с отдельным использованием инсектицида и микроудобрений.

Энергетический анализ применения макро- и микроудобрений показал, что в среднем за 3 года оптимальным был также вариант, где использовали совместно инсектицид каратэ с бором и молибденом на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₂₀ (табл. 3). В этом варианте были минимальные удельные энергозатраты и максимальный энергетический коэффициент. Причиной является снижение энергозатрат за счет совмещения операций внесения микроудобрений с инсектицидом каратэ при обработке рапса против рапсового цветоеда.

Таблица 3. Экономическая и энергетическая эффективность применения минеральных удобрений под яровой рапс при совместном использовании с инсектицидом каратэ (в среднем за 2000-2002 гг.)

Варианты опыта	Стоимость прибавки, у.е./га	Всего затрат, у.е./га	Чистый доход, у.е./га	Рентабельность, %	Энергетические затраты, ГДж/га	Удельные энергозатраты, ГДж/га	Суммарное количество энергии, ГДж/га	Энергетический коэффициент, ед
1. Без удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-
2. P ₇₀ K ₁₂₀	36,9	42,2	-	-	3,9	1,2	11,3	2,9
3. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ (без инсектицидов)*	45,9	53,3	-	-	26,5	6,0	15,1	0,6
4. N ₇₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС с каратэ в фазу стеблевания + N ₂₀ КАС в фазу бутонизации с каратэ	147,8	76,2	71,6	94	18,5	1,4	44,9	2,4
5. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС в фазу стеблевания + каратэ	143,4	71,7	71,7	100	18,3	1,4	43,6	2,3
6. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС с каратэ в фазу стеблевания	147,8	72,3	75,5	104	18,5	1,4	44,9	2,4
7. N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС с 70% дозы каратэ в фазу стеблевания	136,6	70,7	65,9	93	17,9	1,5	41,6	2,3
8. N ₁₂₀ сульфат аммония P ₇₀ K ₁₂₀	146,7	67,6	79,1	117	18,4	1,4	44,7	2,4
9. N ₁₂₀ мочевины P ₇₀ K ₁₂₀	143,4	74,0	69,4	94	18,2	1,4	43,6	2,4
10. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + В (0,3 кг Н ₃ ВО ₃) в фазу бутонизации с каратэ	166,9	70,7	96,2	136	19,4	1,3	51,2	2,6
11. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + Мо (0,2 кг/га молибдата аммония) в фазу бутонизации с каратэ	153,4	71,1	82,3	116	18,7	1,4	46,7	2,5
12. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + Мо и В в фазу бутонизации с каратэ	174,7	74,3	100,4	135	19,7	1,3	53,6	2,7
13. N ₇₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀ КАС в фазу стеблевания + N ₂₀ КАС в фазу бутонизации	146,7	76,0	70,7	93	18,4	1,4	44,7	2,4
14. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + Мо и В в фазу бутонизации	170,2	76,2	94,0	123	19,5	1,3	52,2	2,7
15. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + В в фазу бутонизации*	178,1	74,8	103,3	138	19,9	1,2	55,7	2,8
16. N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + Мо в фазу бутонизации*	176,9	77,0	99,9	129	19,9	1,2	55,3	2,8

Примечание. * – среднее за 2001-2002 гг.

Выводы

1. Жидкое азотное удобрение КАС можно использовать для некорневых подкормок ярового рапса в дозе N₂₀₋₃₀ при разбавлении водой 1: 3 и совмещать с применением инсектицида каратэ.

2. В среднем за 2000 – 2002 гг. максимальная урожайность маслосемян ярового рапса (23,2 ц/га), выход сырого жира (9,1 ц/га) и сырого белка (5,9 ц/га) наблюдались при совместном внесении инсектицида каратэ с бором и молибденом на фоне N₁₂₀ P₇₀ K₁₂₀.

3. Оптимальный вариант системы удобрения ярового рапса – это совместное применение каратэ с бором и молибденом на фоне N₁₂₀ P₇₀ K₁₂₀, где наблюдались самый высокий чистый доход (100,4 у.е), рентабельность (135%) и энергетический коэффициент (2,7).

Литература

1. Богдевич И.М. Плодородие почв и применение удобрений в Беларуси // Актуальные проблемы плодородия

почв в современных условиях: Матер. II съезда Белорус. общ-ва почвоведов. – Минск, 2001. – Кн. 2. – С.321.

2. Булавин Л.А. Адаптивная интенсификация – главный резерв земледелия // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – № 4. – С. 11-12.

3. Шпаар Д., Гинапп Х., Дрегер и др. Рапс. – Минск: ФУАинформ, 1999. – С. 114.

4. Скакун А.С., Бурда И.В., Брауер Д. Рапс – культура масличная. – Минск: Ураджай, 1994. – 96 с.

5. Савенков В.П., Ягодин Б.А., Яндю В.В. Применение микроудобрений под яровой рапс // Агрохимия. – 1998. – № 6. – С.52-58.

6. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / Г.В. Василюк, И.М. Богдевич, Н.В. Клебанович, В.С. Козловский. – Минск: БелНИИПА, 1996. – 50 с.

7. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич, Г.В. Василюк, Л.В. Круглов и др. – Минск: БелНИИПА, 1988. – 31 с.