

УДК 543.544

ДЕЙСТВИЕ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ С ЭПИНОМ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА (*LINUM USITATISSIMUM L.*)

С. Л. БЕЛОПУХОВ, Е. В. ФОКИН\*

(Кафедра неорганической и аналитической химии)

**Изучали действие защитно-стимулирующих комплексов на основе эпина с иодидом калия и иодидом аммония на урожайность льна-долгунца сортов Дашковский и Смоленский. Выявлены различия между сортами в показателях, характеризующих деятельность фотосинтетического аппарата. Предложено оценивать эффективность действия комплексов путем сравнения коэффициентов кинетических уравнений роста растений.**

Увеличение урожайности льна, льносемян и волокна может быть достигнуто путем применения различных химических препаратов инсектицидного, фунгицидного или гербицидного действия, обработка которыми проводится либо до посева семян, либо на разных стадиях вегетации. Результат действия таких препаратов заключается в повышении резистентности растений к неблагоприятным условиям окружающей среды, в снижении их поражаемости вредителями, возбудителями болезней, сорняками. Однако дозы используемых для обработки льна-долгунца, например, пестицидов, составляют 0Д-0,5 кг/га, а дефолиантов и десикантов — даже 1~5 л/га [3, 8]. При многократных обработках многие препараты могут накапливаться в почве, переходить в волокно и семена, снижая их качество, а следовательно, стоимость продукции. В этом случае семена нельзя использовать в пищевой промышленности, а волокно, не соответствующее

требованиям международного стандарта ЭКО-ТЕХ-ЮО, применять в текстильной промышленности.

Перспективным направлением интенсификации производства льна-долгунца и реализации максимальной продуктивности сорта является обработка растений в разные фазы вегетации регуляторами роста. При внедрении в производство новых сортов льна и препаратов необходимо учитывать реакцию растений на их действие, особенности изменения при этом структуры урожая и морфобиологических показателей, обеспечивающих эти характеристики, влияние на изменение химического состава и физико-механические характеристики волокна [2, 4-7, 10].

Перспективной группой препаратов для повышения урожайности льна-долгунца и улучшения качества льноволокна в настоящее время являются вещества на основе стероидных соединений, например, брассиностероидов (торговое название эпин). Структура

\* ЗАО «Игра-техника», г. Москва.

искусственно полученного действующего вещества идентична структуре брассиностероидов, часто встречающихся в растениях в очень небольших количествах — на уровне  $10^{-6}$ - $10^{-9}$ %. Брассиностероиды относятся к природным гормонам растений с ростстимулирующим эффектом [9] и в настоящее время успешно применяются как регуляторы роста растений для повышения урожайности зерновых, овощных, плодово-ягодных и других культур. При обработке растений используют дозы, равные содержанию природных брассиностероидов в этих растениях. Таким образом, представляет интерес изучение действия обработки посевов льна-долгунца брассиностероидами для повышения урожайности льна, семян и качества льноволокна в промышленных масштабах.

### Методика

Опыт проведен на опытном поле Верещинского льнозавода в Шимском районе Новгородской обл. в 1998—2000 гг. В исследовании использованы среднеспелые сорта льна-долгунца Дашковский и Смоленский, рекомендованные для выращивания в Центральном районе РФ. Посев проводили в 6-кратной повторности на делянках площадью 25 м<sup>2</sup>, учетная площадь — 20 м<sup>2</sup>. Ширина межделяночных дорожек 0,5 м. Посев производили сеялкой СЗЛ-3,6 с междурядьями 75 мм при глубине заделки семян 1,8-2,2 см. Норма высева 25 млн всхожих семян 1-го класса на 1 га. Размещение сортов внутри повторений рендомизированное. Для изучения динамики накопления биомассы растениями льна в основные фазы вегетации отбирали пробы. В фазы проростков, «елочка», активного роста, цветения, ранней желтой спелости с каждой делянки отбирали по 100 типичных растений с корнем. Вегетационный период за

годы испытаний составил 82-84 дня. Для обработки растений препаратами использовали опрыскиватель ЛТ 7.22, расход рабочей жидкости — 300 л/га; в контроле растения обрабатывали водой. Обработку посевов проводили в два приема: при высоте растений 1-4 см препаратом в баковых смесях с инсектицидом децис в рекомендованных дозах из расчета 0,3 л/га, а на второй стадии — в фазу «елочка» при высоте растений 3-12 см в баковых смесях с гербицидами хармони (10 г/га) + тарга супер (1,2 л/га).

При отборе проб учитывали общую длину растения, а в фазу ранней желтой спелости также техническую длину, диаметр стебля на расстоянии 1/3 его высоты от семядольных листочков, накопление сухого вещества, число коробочек на одном растении, число семян в одной коробочке, массу 1000 зерен. Пробы растений высушивали в лаборатории до достижения постоянной массы, взвешивали на технических весах с точностью до 0,01 г. В фазы «елочка», активного роста, цветения, ранней желтой спелости учитывали отдельно биомассу различных частей растений (стебля, корня, листьев, коробочки). В разные фенологические фазы измеряли площадь листьев на 10 растениях из отобранной пробы. Площадь листовых пластинок по высоте побега вычисляли путем сканирования листочков и обработкой цифрового изображения с использованием программы Mathab 6.5. Уборку проводили ручным способом в фазу ранней желтой спелости. Урожай учитывали взвешиванием, определяли фактическую влажность и пересчитывали на влажность 12%.

### Результаты и их обсуждение

Результаты исследований, проведенных в 1997-1999 гг., показывают, что положительное действие эпина на рост и развитие растений льна сор-

тов Дашковский и Смоленский зависят от концентрации препарата и имеют монотонно возрастающую зависимость (рис. 1 и 2). При увеличении концентрации с 5 до 20 мг/га происходит достоверное повышение урожайности льносолумы и семян на 10~30% по сравнению с контролем (без обработки регулятором). При изменении концентрации эпина с 20 до 50 мг/га урожайность льносолумы (рис. 1, а) и семян (рис. 1, б) практически не увеличивается.

Динамика измерения урожайности льносолумы и семян коррелирует с результатами, полученными при обработке вегетирующих растений льна сорта Дашковский, однако концентрация эпибрасинолида при обработке льна сорта Смоленский должна быть на 30-50% выше, чем рекомендованная для льна сорта Дашковский. При обработке льна эпином в смеси с 0,001 М иодидом калия (рис. 3) зависимость изменения урожайности льносолумы (рис. 3, а) и семян (рис. 3, б) от дозы эпибрасинолида носит монотонно возрастающий характер с

выходом на плато при дозах выше 40 мг/га. При этом достижение того же уровня урожайности культуры может быть достигнуто при дозах эпина на 30-40% меньше, чем при добавлении К1.

На рис. 1–3 представлены линейные и полиномиальные зависимости изменения урожайности соломы и семян, а на рис. 2 и 3, кроме того, — столбцовые графики погрешностей в узловых точках и норма погрешности, которая дает статистическую оценку среднеквадратической погрешности. Аппроксимация точнее в случае меньшей нормы, т. е. более точной является аппроксимация полиномом третьей степени. При этом необходимо учесть, что эффективность действия исследованных доз препаратов можно оценить по значению коэффициента при члене полинома в первой степени. Эффективность тем выше, чем больше этот коэффициент, т. е. более отзывчив на действие эпина сорт Дашковский, чем сорт Смоленский.

В табл. 1 представлены результаты совместного действия баковой смеси

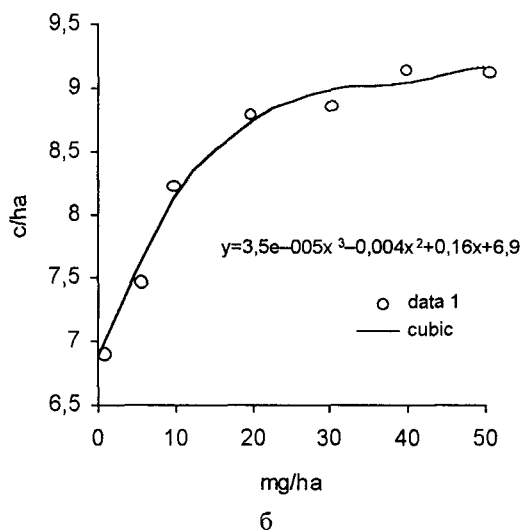
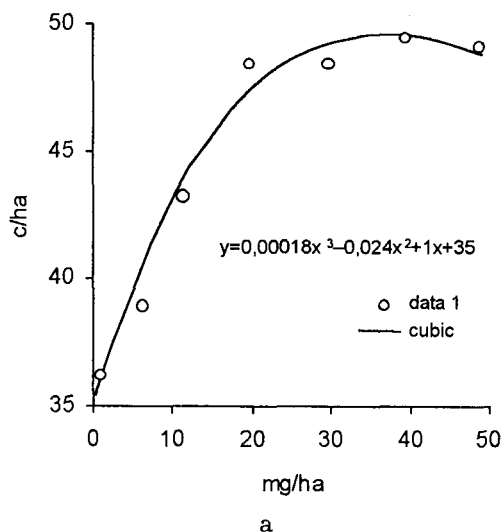


Рис. 1. Изменение урожайности льносолумы (а) и семян (б) в зависимости от дозы обработки льна-долгунца сорта Дашковский регулятором роста эпин

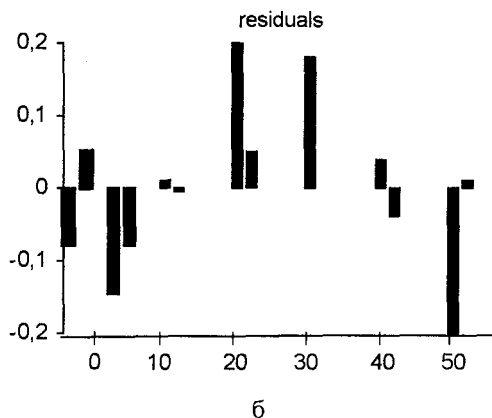
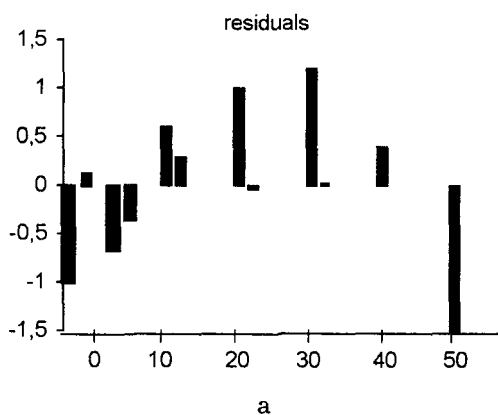
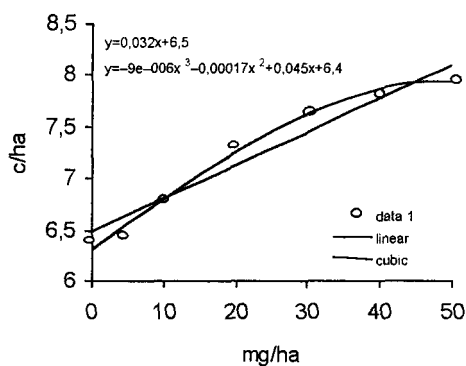
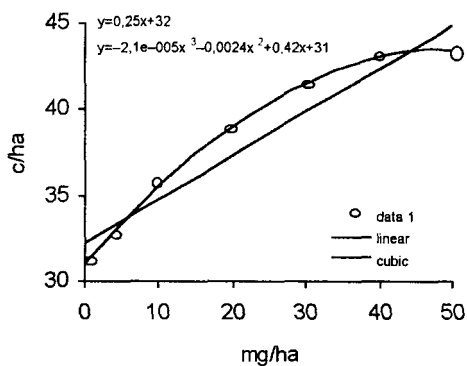


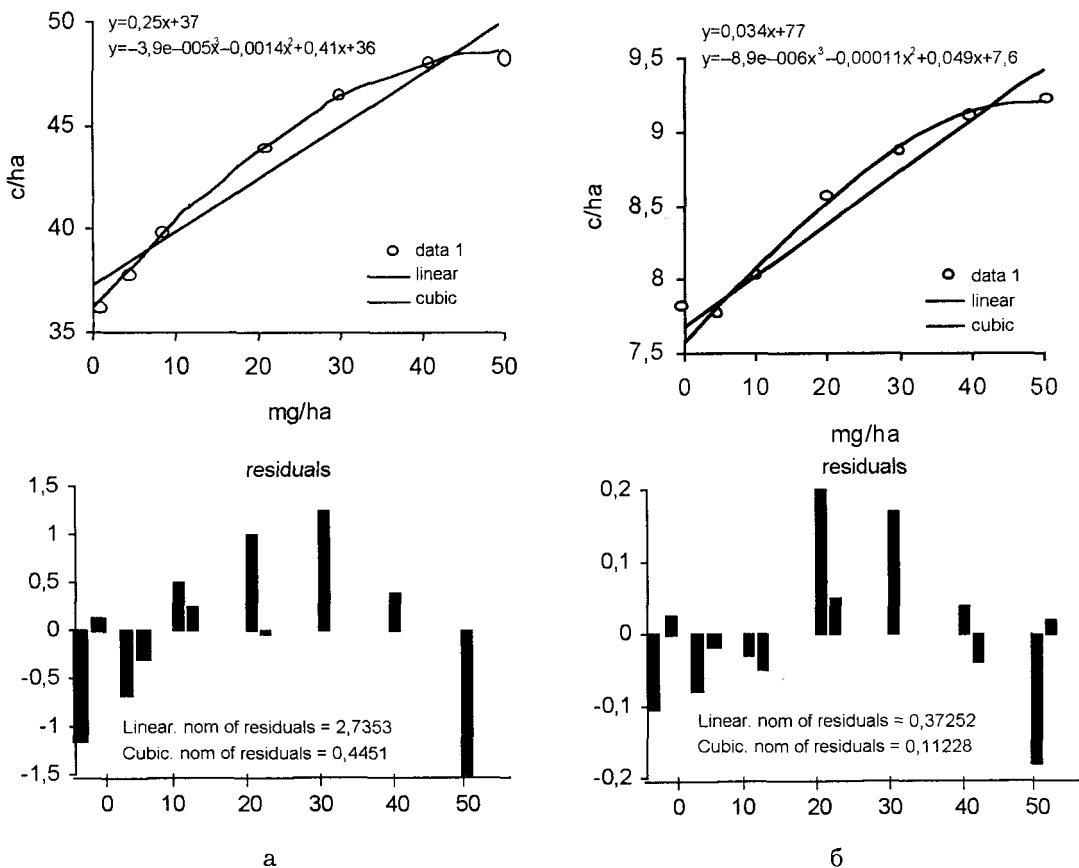
Рис. 2. Изменение урожайности льносолумы (а) и семян (б) в зависимости от дозы обработки льна-долгунца сорта Смоленский регулятором роста эпин

эпина в разных дозах и иодида аммония в концентрации  $1-10^3$  М. Отмечено положительное влияние доз эпина больших, чем 20 мг/га, в исследованном интервале концентраций на увеличение урожайности льносолумы и семян. Влияние эпинбрасинолида и  $\text{NH}_4\text{I}$  коррелирует с действием баковой смеси эпина и иодида калия.

Максимальная прибавка урожайности по сравнению с контролем по льносолуме составляет 40%, семенам — 27%. При этом отмечается более высокая устойчивость обработанного льна к полеганию, а также раннее формирование семенных коробочек.

Динамику изменения высоты льна за вегетационный период (82-84 дня) можно характеризовать уравнением

полинома 5-й степени. Коэффициенты для соответствующих членов полинома приведены в табл. 2. Из данных таблицы следует, что коэффициенты при членах полинома 5-й, 4-й и 3-й степени практически не зависят от дозы эпина для сорта Смоленский, а для сорта Дашковский незначительно уменьшаются с ростом дозы. Более чувствительны на действие различных доз эпина коэффициенты при линейном и квадратичном членах, а также свободный член, причем последний характеризует продуктивность сорта без применения регуляторов роста. Динамика изменения коэффициентов при линейном и квадратичном членах линейно зависит от дозы эпина и может быть



**Рис. 3.** Урожайность льносоломы (а) и семян (б) в зависимости от дозы эпина в баковой смеси с К1 (1-10<sup>-3</sup> М) при обработке льна-долгунца сорта Смоленский

описана линейным уравнением вида

$$A = K_1 \cdot B + K_2,$$

где А — значения коэффициентов при X<sup>2</sup> и X (табл. 2), В — пропорциональны дозам эпина от 0 до 50 мг/га. Значения коэффициентов K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub> следующие:

	X <sup>2</sup>	X	Свободный член
<i>Сорт Смоленский</i>			
K <sub>1</sub>	-0,00055	0,006	-0,0061
K <sub>2</sub>	0,082	-0,47	0,12
<i>Сорт Дашковский</i>			
K <sub>1</sub>	-0,001	0,0096	-0,0079
K <sub>2</sub>	0,04	-0,025	-0,17

Анализ линейной зависимости изменения коэффициента K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub> при квадратичном и линейном члене уравнения полинома показывает, что динамика изменения для обоих сортов одинаковая, однако коэффициент K<sub>1</sub>, который характеризует скорость изменения, для сорта Дашковский в 2 раза больше соответствующего коэффициента для сорта Смоленский. Аналогичная зависимость наблюдается для коэффициентов K<sub>2</sub>. Следовательно, сорт Дашковский более отзывчив на действие исследованных защитно-стимулирующих составов, а сравнение эффективности действия комплексов можно проводить по из-

Таблица 1

**Урожайность льна-долгунца сорта  
Смоленский при совместном действии  
эпина и 0,001 М NH<sub>4</sub>I**

Вариант опыта (доза эпина, мг/га)	Урожайность льносоломы		Урожайность семян	
	ц/га	прибавка к конт- ролю, %	ц/га	прибавка к конт- ролю, %
1997 г.				
Контроль	37,9	—	5,3	—
10	40,5	6,9	5,5	3,6
20	45,7	20,6	5,9	11,3
30	46,4	22,4	6,0	13,2
40	49,3	30,1	6,3	18,7
50	51,2	35,1	6,6	24,5
НСР <sub>05</sub>	2,9		0,4	
1998 г.				
Контроль	35,1	—	5,9	—
10	38,4	9,4	6,2	5,1
20	42,5	21,1	6,7	13,6
30	44,9	27,9	6,8	15,3
40	47,7	35,9	7,0	18,6
50	49,4	40,7	7,1	20,3
НСР <sub>05</sub>	2,7		0,4	
1999 г.				
Контроль	34,2	—	5,5	—
10	36,9	7,9	5,8	5,5
20	42,8	25,1	6,4	16,4
30	45,4	32,7	6,6	20,0
40	47,2	38,0	6,9	25,5
50	48,3	41,2	7,0	27,3
НСР <sub>05</sub>	2,4		0,4	

менению и абсолютной величине этих коэффициентов:

Об изменении массы 1000 семян, числа коробочек на одном растении льна и числа семян в одной коробочке в зависимости от дозы эпина при обработке посевов можно судить по данным табл. 3, из которых следует, что действие регулятора роста проявляется в увеличении массы 1000 семян как для сорта Смоленский, так и для сорта Дашковский. При этом с увеличением дозы эпина на 10-15% увеличивается число коробочек на одном растении, а число семян в одной коробочке практически остается постоянным.

Атомно-абсорбционной спектрометрией на спектрофотометре PU 939 фирмы Филипс определяли содержание тяжелых металлов в образцах семян льна урожая 1999 г. Для сорта Смоленский концентрация (мг/кг в пересчете на сухое вещество) составляет: Fe — 1860 ± 150; Cd < 0,01; Co — 0,35 ± 0,05; Cr — 5,2 ± 0,7; Hg — 0,038 ± 0,014; Si — 0,35 ± 0,06; Mn — 48 ± 7; Zn — 12 ± 2; Pb — 0,10 ± 0,02; для сорта Дашковский: Fe — 1650 ± 140; Cd < 0,01; Co — 0,30 ± 0,04; Cr — 4,8 ±

Таблица 2

**Коэффициенты полинома 5-й степени зависимости кинетики роста растений (см)  
во время вегетации (сут.)**

Доза эпина, мг/га	X <sup>5</sup>	X <sup>4</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>2</sup>	X	Свободный член
0	$-3,8 \cdot 10^{-7}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$-0,0036$	$0,081$	$-0,46$	$0,12$
	$-3,0 \cdot 10^{-7}$	$4,9 \cdot 10^{-5}$	$-0,0024$	$0,043$	$-0,059$	$-0,14$
20	$-3,9 \cdot 10^{-7}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$-0,0035$	$0,073$	$-0,37$	$0,02$
	$-2,8 \cdot 10^{-7}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$-0,0016$	$0,017$	$0,2$	$-0,36$
30	$-3,9 \cdot 10^{-7}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$-0,0033$	$0,063$	$-0,26$	$-0,096$
	$-2,6 \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^{-5}$	$-0,0013$	$0,0074$	$0,28$	$-0,43$
40	$-4,0 \cdot 10^{-7}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$-0,0032$	$0,062$	$-0,24$	$-0,11$
	$-2,4 \cdot 10^{-7}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$-0,00084$	$-0,0054$	$0,4$	$-0,52$
50	$-3,7 \cdot 10^{-7}$	$6,0 \cdot 10^{-5}$	$-0,0029$	$0,053$	$-0,16$	$-0,18$
	$-2,4 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$-0,00087$	$-0,0051$	$0,4$	$-0,52$

Примечание. Числитель — сорт Смоленский, знаменатель — сорт Дашковский.

**Влияние дозы эпина при обработке посевов льна-долгунца  
на урожай и качество волокна**

Показатель	Доза эпина, мг/га		
	0	20	50
1997 г.			
Масса 1000 семян	<u>4,452</u> 3,990	<u>4,815</u> 4,331	<u>4,806</u> 4,393
НСР <sub>05</sub>	0,180		
Коробочек на 1 растение, шт.	<u>4,150</u> 3,830	<u>4,316</u> 3,953	<u>4,490</u> 4,180
НСР <sub>05</sub>	0,205		
Семян в 1 коробочке, шт.	<u>6,780</u> 6,150	<u>7,250</u> 6,650	<u>7,400</u> 6,700
НСР <sub>05</sub>	0,260		
1998 г.			
Масса 1000 семян	<u>4,327</u> 3,783	<u>4,512</u> 4,114	<u>4,501</u> 4,135
НСР <sub>05</sub>	0,190		
Коробочек на 1 растение, шт.	<u>4,070</u> 3,805	<u>4,201</u> 3,906	<u>4,386</u> 4,207
НСР <sub>05</sub>	0,170		
Семян в 1 коробочке, шт.	<u>6,480</u> 5,830	<u>6,790</u> 6,165	<u>6,804</u> 6,208
НСР <sub>05</sub>	0,270		
1999 г.			
Масса 1000 семян	<u>4,129</u> 3,685	<u>4,403</u> 3,984	<u>4,418</u> 4,032
НСР <sub>05</sub>	0,200		
Коробочек на 1 растение, шт.	<u>4,050</u> 4,014	<u>4,301</u> 3,982	<u>4,427</u> 4,218
НСР <sub>05</sub>	0,210		
Семян в 1 коробочке, шт.	<u>6,420</u> 5,711	<u>6,217</u> 5,967	<u>6,140</u> 5,886
НСР <sub>05</sub>	0,270		

П р и м е ч а н и е. Числитель — сорт Смоленский, знаменатель — сорт Дашковский.

$\pm 0,6$ ; Hg —  $0,031 \pm 0,008$ ; Си —  $0,38 \pm 0,04$ ; Мп —  $40 \pm 5$ ; Zn —  $10,5 \pm 1,2$ ; РЬ —  $<0,1$ . Содержание тяжелых металлов в исследованных образцах не превышает требований ЭКО-ТЕХ-ЮО [11].

### Выводы

1. При увеличении доз защитно-стимулирующего комплекса на основе

эпибрасинолида с иодидом калия и иодидом аммония отмечено увеличение урожайности льносоломы и семян, качества семян и волокна для сорта Дашковский. Наибольшую высоту и массу имели растения льна, обработанные защитно-стимулирующим комплексом с эпибрасинолидом в дозе больше 20 мг/га. Для сорта Смоленский рекомендованная доза

для обработки должна быть выше на 30-40%.

2. Установлены кинетические зависимости роста растений льна от доз применяемого защитно-стимулирующего комплекса, которые могут быть описаны полиномом пятой степени. Коэффициенты полиномиального уравнения могут быть использованы для оценки эффективности действия регуляторов роста растений.

3. Методом атомной абсорбции установлено, что концентрация тяжелых металлов в семенах льна при действии защитно-стимулирующих комплексов не приводит к накоплению их в продукции и соответствует требованиям экологической безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белопухов С. Л., Корсун Н. Н. Элементный анализ льна и продуктов его переработки. — Изв. ТСХА, 2003, вып. 1, с. 41-48. — 2. Ведерник Л. С. Сортотвоя отзывчивость льна-долгунца на уровни минерального питания и регуляторы роста. — Актуальные проблемы адаптивной интенсификации земледелия на рубеже столетий. Материалы международной научн.-практ. конф., 16 июня 2000, г. Щучин. Минск: Белорусское издательское товарищество «Халта», 2000, с. 227—229. — 3. Захаренко В. А. Современная защита растений и ее научное обеспечение. — АГРО XXI, 2003, № 1-6, с. 34-43. — 4. Кудрявцев Н. А. Агат-25 для защиты льна. — Защита и карантин растений, 2001, № 3, с. 29-30. — 5. Кудрявцев Н. А., Зайцева Л. А. Препараты для защиты льна от болезней, вредителей и сорняков. — АГРО XXI, 2003, № 1-6, с. 48. — 6. Кудрявцев Н. А., Янина М. М., Озерцовская О. Л. и др. Эффективность и безопасность применения препарата «экост» в льноводстве. — Научно-производ. бюлл., 1999, № 1(2), с. 22-27. — 7. Лобань Н. А., Шейко Л. Г., Самойлович М. П. Эффективность новых защитно-стимулирующих препаратов и регуляторов роста на льне. — Актуальные проблемы адаптивной интенсификации земледелия на рубеже столетий. Материалы международной научн.-практ. конф., 16 июня 2000, г. Щучин. Минск: Белорусское издательское товарищество «Халта», 2000, с. 226-227. — 8. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2001. — Приложение к ж. Защита и карантин растений, 2001, № 3. — 9. Хрипач В. А., Лахвич Ф. А., Жабинский В. Н. Брассиностероиды. Минск: Навука і тэхніа, 1993. — 10. Черкизова О. Ф., Поляков А. В., Кудрявцев Н. А. Оценка трансгенных растений льна на устойчивость к хлорсульфурону — АГРО XXI, 2003, № 1—6, с. 98~99.

Статья поступила  
15 декабря 2003 г.

## SUMMARY

Effect of protecting-stimulating complexes based on epin with potassium iodide and ammonium iodide on yield of fibre-flax (*Linum usitatissimum* L.) of Dashkovsky and Smolensky varieties was studied. Differences between the varieties in indicators which characterize photosynthetic apparatus have been found. It has been proposed to define the efficiency of the effect of complexes by comparing coefficients of kinetic equations of plant growth.