

на момент уборки составило 58,21 мг/100 г, в то время как в двуряднике тонколистном – 46,17 мг/100 г. Содержание  $\beta$ -каротина в готовой продукции индау посевного было 29,3 мг/100 г, что на 55% больше, чем в двуряднике тонколистном, в растениях которого на момент уборки накопление  $\beta$ -каротина составило 18,9 мг/100 г.

Важным показателем качества овощных, а тем более зеленных культур, к которым относится рукола, является количество нитратов в готовой продукции. Несмотря на сбалансированное питание растений в условиях проточной гидропоники, и индау посевной, и двурядник тонколистный на момент уборки урожая отличались значительным накоплением нитратов. Так, в растениях двурядника тонколистного нитратов было 1898 мг/кг сырой массы, что на 19,4% больше, чем в растениях индау посевного. Следует отметить, что при выращивании изучаемых сортов индау и двурядника в открытом грунте были получены схожие данные [4].

Таким образом, индау посевной и двурядник тонколистный – ценные овощные культуры, дающие зеленую продукцию с высокими показателями биохимического состава. По ряду показателей физиологически ценных компонентов индау превосходит двурядник.

### Библиографический список

1. Вульф Е.В., Малеева О.Ф. Мировые ресурсы полезных растений (пищевые, кормовые, технические, лекарственные и др.). Справочник. Л.: Издательство «Наука», Ленинградское отд-ние, 1969. – 566 с.
2. Лудилов В.А., Ивановоа М.И. Редкие и малораспространенные овощные культуры (биология, выращивание, семеноводство): производственно-практическое издание. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 196 с.
3. Пивоваров В.Ф. Овощи России. – М.: ГНУ ВНИИССОК, 2006. – 384 с.
4. Елисеева О.В., Елисеев А.Ф. Химический состав *ERUCA SATIVA* (Mill.) и *DIPLOTAXIS TENUIFOLIA* (L.) DC. // Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 290. Ч. IV. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2018. С. 352-353.

УДК 639.853.494«321»:631.416.8

### ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ МИКРОМИЦЕТОМ *TRICHODERMA VIRIDE* ЗАГРЯЗНЕННОЙ НИКЕЛЕМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ЯРОВОГО РАПСА

*Андреева Ирина Викторовна, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Мешалкина Юлия Львовна, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Кошкин Евгений Иванович**, профессор кафедры физиологии растений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

**Аннотация.** в условиях вегетационного опыта с инокулированной микромицетом *Trichoderma viride* дерново-подзолистой почвой, загрязненной никелем в дозах 30 и 60 мг/кг, установлено снижение показателей семенной продуктивности ярового рапса сорта Оредеж по сравнению с неинокулированной почвой при повышении на 13 – 17% массы 1000 семян.

**Ключевые слова:** рапс яровой, никель, *Trichoderma viride*, инокуляция, дерново-подзолистая почва, продукционный процесс.

Одним из способов снижения токсического действия тяжелых металлов на растения является присутствие в корнеобитаемом слое почвы бактерий, ризобактерий или микромицетов, стимулирующих рост растений и способных повышать их уровень толерантности к стрессу. Так, грибы рода *Trichoderma* выделяют в среду различные метаболиты: факторы роста (ауксины, цитокины и этилен), органические кислоты, внутриклеточные аминокислоты, витамины и свыше 100 антибиотиков [1]. Цель нашего исследования состояла в агроэкологической оценке продукционного процесса ярового рапса в условиях загрязнения дерново-подзолистой почвы никелем (Ni) при интродукции в нее микромицета *Trichoderma viride*.

Исследования проводились в рамках вегетационного опыта в почвенной культуре с растениями ярового рапса (*Brassica napus* L.) сорта «Оредеж - 5» селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» «00» типа с низким содержанием эруковой кислоты в масле (<0,1%). В эксперименте был использован пахотный слой окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы со следующей агрохимической характеристикой: рН<sub>KCl</sub> - 6,1, Нг - 0,41 мг-экв/100 г, гумус по Тюрину - 2,4%, N<sub>общ</sub> - 0,12%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> подв. - 367,8 мг/кг, K<sub>2</sub>O<sub>обм</sub> - 240,5 мг/кг, Ni (валовое содержание) - 13,3 мг/кг. Загрязнение почвы Ni проводили в дозах 30 и 60 мг/кг на фоне ее инокуляции микромицетом *Trichoderma viride* в виде зараженного зернового субстрата и без инокуляции. Эксперимент проводился в 3-х кратной повторности. Для анализа данных были проведены одно- или двухфакторные дисперсионные анализы. Статистические гипотезы оценивались с доверительной вероятностью 95%.

Результаты эксперимента показали (табл.), что уровень накопления биологической массы вегетативных и генеративных органов растений ярового рапса в условиях загрязнения дерново-подзолистой почвы Ni не зависел от исследуемых доз металла в почве. В отличие от фактора «Доза Ni», интродукция почвы микромицетом *Trichoderma viride* вызвала статистически достоверное снижение (таблица, рисунок) биомассы как вегетативных, так и генеративных органов рапса. Наибольшее снижение биомассы наблюдалось у листьев, семян и створок, соответственно, на 8–

39%, 3–13% и 12–16% по сравнению с аналогичными вариантами без инокуляции почвы культурой микромицета.

Таблица

**Накопление биомассы органами ярового рапса,  
г воздушно-сухой массы/сосуд**

Вариант		Семена	Створки	Листья	Стебли	Корни
Контроль (фон)	Без <i>Trichoderma v.</i>	10,84	16,01	11,57	7,54	1,52
	С <i>Trichoderma v.</i>	9,55	13,87	11,84	6,91	1,17
	<b>Среднее</b>	<b>10,20</b>	<b>14,94</b>	<b>11,71</b>	<b>7,23</b>	<b>1,34</b>
Фон + Ni 30 мг/кг	Без <i>Trichoderma v.</i>	10,98	16,20	12,20	9,10	1,55
	С <i>Trichoderma v.</i>	9,27	12,87	10,84	5,56	1,24
	<b>Среднее</b>	<b>10,13</b>	<b>14,54</b>	<b>11,52</b>	<b>7,33</b>	<b>1,39</b>
Фон + Ni 60 мг/кг	Без <i>Trichoderma v.</i>	11,36	14,35	13,73	8,00	1,67
	С <i>Trichoderma v.</i>	10,02	13,93	11,71	6,12	1,45
	<b>Среднее</b>	<b>10,69</b>	<b>14,14</b>	<b>12,72</b>	<b>7,06</b>	<b>1,56</b>
<b>НСР среднего</b>		<b>1,56</b>	<b>1,91</b>	<b>1,50</b>	<b>1,30</b>	<b>0,28</b>

Одним из важнейших показателей семенной продуктивности рапса является масса 1000 семян. Данный параметр характеризуется слабой изменчивостью даже под действием неблагоприятных факторов окружающей среды. Ожидалось, что масса 1000 семян будет слабо зависеть от наличия в почве микромицета *Trichoderma v.*, а также от доз тяжелых металлов в почве. На диаграмме, представленной на рисунке 2, видно, что стабильность показателя действительно наблюдалась в контрольном варианте на инокулированной и неинокулированной почве. Однако в вариантах с внесением никеля было отмечено увеличение на 13–17% массы 1000 семян в вариантах с внесением Ni на инокулированной почве на фоне снижения числа стручков на одном растении. Так, инокуляция *Trichoderma v.* повлияла на снижение количества стручков на сосуд в контрольном варианте на 23,7%, а также в вариантах с внесением Ni в дозах 30 и 60 мг/кг почвы на 16 и 14% соответственно по сравнению с неинокулированной почвой. По всей видимости, это является способом сохранения качества генетического материала под влиянием стресс-факторов, что мы наблюдали и в наших других исследованиях [2]. При этом оба изучаемых фактора не влияли на величину обсемененности стручка.

Для оценки роли реутилизации ассимилятов из вегетативных структур при наливе семян используется коэффициент хозяйственной эффективности ( $K_{\text{хоз}}$ ) - отношение массы семян к сухой надземной биомассе в фазе уборочной спелости. Установлено, что  $K_{\text{хоз}}$  в контрольном варианте на фоне инокуляции был выше, чем на неинокулированной почве. Внесение в почву

Ni в дозе 60 мг/кг снижало показатель  $K_{\text{хоз}}$  по сравнению с фоном как в вариантах с инокуляцией, так и без нее, причем максимальное снижение на 8,2% относительно контроля установлено в варианте без *Trichoderma v.*

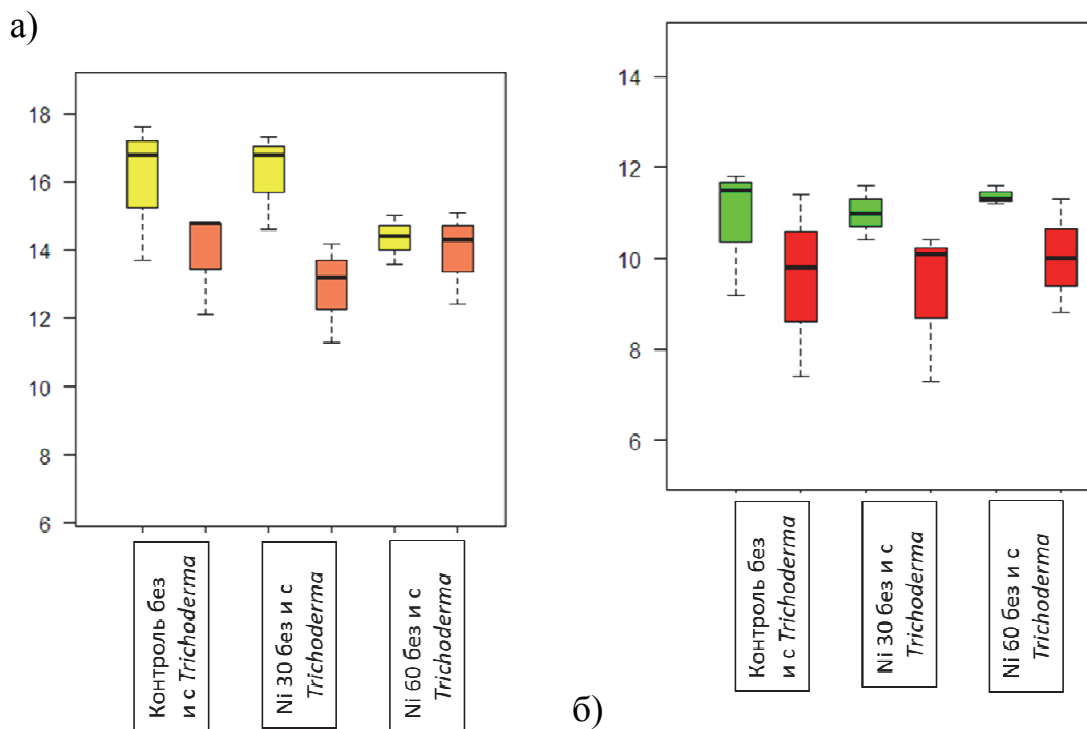


Рис. Диаграммы размаха биомассы (г/сосуд): а) семян; б) створок

Таким образом, в условиях вегетационного опыта с интродукцией микромицета *Trichoderma viride* в дерново-подзолистую почву, загрязненную никелем в дозах 30 и 60 мг/кг, установлено отсутствие достоверного влияния последнего на величину накопления биомассы вегетативными и генеративными органами растений ярового рапса сорта Оредеж. При этом инокуляция почвы микромицетом снизила основные показатели семенной продуктивности рапса по сравнению с неинокулированной почвой на фоне одновременного повышения на 13–17% массы 1000 семян относительно контрольного варианта.

### Библиографический список

1. Khan R., Najeeb S., Hussain S., Xie B., Li Y. Bioactive Secondary Metabolites from *Trichoderma* spp. against Phytopathogenic Fungi // *Microorganisms*. 2020. № 8(6). P. 817. doi.org/10.3390/microorganisms8060817
2. Андреева И.В., Кошкин Е.И., Бекиш Л.П. Влияние моноэлементного и комплексного загрязнения почвы цинком и никелем на хозяйственно ценные признаки ярового рапса пищевого и технического использования // В сб.: Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения: материалы Международной научно-практической конференции / редкол.: Т.Ф. Персикова (отв. ред.). – Горки: БГСХА, 2019. – С.104-106.